

Seguiment anual de briozous, gorgònia vermella i coves a la Reserva Natural Parcial Marina de les Medes del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter

Memòria 2018



UNIVERSITAT DE
BARCELONA



Generalitat de Catalunya
**Departament de Territori
i Sostenibilitat**



**Parc Natural
del Montgrí, les Illes Medes
i el Baix Ter**

**SEGUIMENT ANUAL DE BRIOZOUS,
GORGÒNIA VERMELLA I COVES A LA
RESERVA NATURAL PARCIAL MARINA DE
LES MEDES DEL PARC NATURAL DEL
MONTGRÍ, LES ILLES MEDES I EL BAIX TER**

MEMÒRIA 2018

Títol: Seguiment anual de briozous, gorgònia vermella i coves a la Reserva Natural Parcial Marina de les Medes del Parc Natural del Montgrí, les illes Medes i el Baix Ter. Memòria 2018.

Número d'expedient: PTOP_2017_130

Comanda:

Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural.

Departament de Territori i Sostenibilitat, Generalitat de Catalunya.

Realització:

Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències ambientals.

Universitat de Barcelona.

Diagonal 643, 08028 Barcelona

Tél. 934 021 509 Fax : 934 111 438

<http://www.ub.edu/ecologia>

Corresponsal per aquest estudi: hereu@ub.edu

Direcció del projecte i coordinació:

Bernat HEREU

Investigadors involucrats:

Eneko ASPILLAGA, Pol CAPDEVILA, Cristina LINARES, Alba MEDRANO, Marta PAGÈS, Graciela ROVIRA

Citar com:

Hereu, B., Aspillaga, E., Capdevila, P., Linares, C., Medrano, A., Pagès, M., Rovira, G. (2018). Seguiment anual de briozous, gorgònia vermella i coves a la Reserva Natural Parcial Marina de les Medes del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Memòria 2018. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals. 76 pp.

Índex

Introducció general.....	5
Seguiment de les poblacions de briozous de la Reserva Marina de les Illes Medes com a indicadores de l'efecte de la freqüentació de submarinistes sobre les comunitats bentòniques	7
Introducció.....	8
Materials i mètodes	10
Disseny de mostreig.....	10
Metodologia d'estudi	12
Anàlisi de dades.....	15
Resultats	15
Anàlisi general.....	15
Anàlisi per estació	20
Discussió	28
Recomanacions per a la gestió	30
Conclusions.....	30
Bibliografia.....	31
Seguiment de les poblacions de gorgònia vermella de la Reserva Marina de les Illes Medes com a indicadores de l'efecte de la freqüentació de submarinistes sobre les comunitats bentòniques	33
Introducció.....	34
Material i mètodes	36
Estacions de mostreig.....	36
Metodologia.....	37
Anàlisi de dades.....	38
Resultats	38
Densitats	38
Estructura de talles	39
Mortalitat	40
Anàlisi per estació	44
Discussió	47
Conclusions.....	49
Bibliografia.....	49

Seguiment de les comunitats de coves submarines de la Reserva Marina de les Illes Medes com a indicadors de l'efecte de la freqüentació de submarinistes sobre les comunitats bentòniques	51
Introducció	52
Material i mètodes	53
Disseny i estacions de mostreig	53
Anàlisi de imatges	55
Detecció d'impactes	55
Resultats	55
Discussió	60
Conclusions	61
Bibliografia	61
Diagnosi sobre l'efecte del submarinisme en les comunitats bentòniques de la Reserva Marina de les Illes Medes	63
El Guix	67
Salpatxot	67
Pedra de Déu	68
Pota del Llop	69
Cova de la Vaca i Cova del Mal Pas	70
Cova del Dofí, Túnel del Dofí i Cova dels Misidacis	71
Tascó Gros	72
Tascó Petit	72
Carall Bernat	73
Medallot	74
Diagnosi global	75

Introducció general

Les mesures de protecció a les illes Medes van entrar en vigor el 1983, amb una Ordre de la Generalitat de Catalunya que establia la Reserva Marina de les illes Medes i que comportava restringir l'activitat en aquest indret de gran interès per a la biodiversitat marina. Al 1985, una resolució establia normes de compliment obligatori a la zona vedada, i el 1990, la Llei 19/1990 va convertir-se en el marc jurídic de la protecció i conservació de la flora i fauna del fons marí de les illes Medes i del tros de costa del Montgrí, entre la roca del Molinet i la Punta Salines.

Finalment, El Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter es va crear per la Llei 15/2010, de 21 de maig de 2010, amb l'objectiu principal d'unificar la normativa de protecció dels tres espais que conformen el Parc Natural (massís del Montgrí, les illes Medes i el Baix Ter). En aquest espai protegit podem trobar diferents zones amb diferents nivells de protecció: 1) la zona de Parc Natural (PN) a la costa del Montgrí entre la punta del Milà i la punta Salines, on la pesca, inclosa la pesca submarina és permesa; 2) la Zona Perifèrica de Protecció (ZPP) que correspon al tram de costa entre punta Milà i punta del Molinet, on la pesca submarina és prohibida; i 3) la Reserva Natural Parcial (RNP), que comprèn les illes Medes, on no es permet cap tipus d'activitat pesquera. La normativa específica dels usos i activitats de la zona estan regulats pel Pla Rector d'Usos i Gestió recollit aprovat el 2008 (en el Decret 222/2008, d'11 de novembre, pel qual s'aprova el Pla rector d'ús i gestió de l'Àrea Protegida de les illes Medes), i que recentment ha estat modificat en els seus annexes 1 i 6 (ORDRE AAM/112/2015, de 30 d'abril).

Aquesta nova normativa regula el nombre de submarinistes que poden accedir a les diferents zones de busseig segons el grau de fragilitat de les comunitats en les que s'hi desenvolupa aquesta activitat. A més, en aquesta nova normativa s'ha determinat la zona de l'illot del Medallot com a Zona de Control de forma que es delimita una zona on s'hi anul·len els possibles efectes derivats de la pràctica del busseig.

No obstant, la mateixa regulació determina que la Direcció del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter pot reduir el nombre màxim de llicències d'immersió previstes en el Pla rector d'ús i gestió de l'àrea protegida de les illes Medes en casos excepcionals i per motiu de protecció dels valors naturals degudament fonamentats en base a dades reals i objectives.

La finalitat del programa de seguiment de la biodiversitat marina del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter és realitzar el seguiment de l'estat de conservació de la biodiversitat marina en aquests espais, així com relacionar el seu estat amb la possible afectació de les activitats antròpiques i dels factors ambientals a partir del seguiment i monitorització de determinades espècies i comunitats indicadores. D'aquesta manera, es proporcionaran dades objectives que permetran la presa de decisions als gestors d'aquests espais naturals protegits.

Així, seguint aquesta nova metodologia de gestió adaptativa del busseig i els usos del Parc Natural del Montgrí, les illes Medes i el Baix Ter, en aquest informe es presenten els resultats del segon any de seguiment d'una sèrie de descriptors, poblacions de briozous, gorgònia vermella i comunitats de coves, com a indicadors dels possibles efectes del submarinisme per a poder facilitar criteris de decisió als gestors de l'espai a l'hora de regular aquesta activitat de forma que sigui compatible amb la conservació del patrimoni natural.

Seguiment de les poblacions de briozous de la Reserva Marina de les Illes Medes com a indicadores de l'efecte de la freqüentació de submarinistes sobre les comunitats bentòniques

Bernat Hereu, Graciela Rovira, Eneko Aspillaga, Pol Capdevila, Cristina Linares, Alba Medrano, Marta Pagès

- El juliol del 2018 es va detectar un episodi de reclutament de *Pentapora fascialis* que va fer que la densitat de colònies augmentés..
- A l'octubre del 2018 la densitat de colònies de *P. fascialis* va disminuir bruscament en totes les estacions de mostreig degut a mortalitat natural.

- En el cas del Medallot, una estació antigament freqüentada i des de 2016 no freqüentada, aquest episodi de reclutament ha permès una petita recuperació de les poblacions de briozous.
- En totes les estacions freqüentades, l'abundància de colònies de les poblacions de briozous es mantenen molt baixes.
- Es recomana la disminució de la freqüentació en totes les estacions, fins que no es pugui determinar un cert grau de recuperació de les poblacions de briozous.

Aquest capítol ha de ser citat com:

Hereu, B., Rovira, G., Aspillaga, E., Capdevila, P., Linares, C., Medrano, A., Pagès, M. (2018). Seguiment de les poblacions de briozous de la Reserva Marina de les Illes Medes com a indicadores de l'efecte de la freqüentació de submarinistes sobre les comunitats bentòniques. *Seguiment anual de briozous, gorgònia vermella i coves a la Reserva Natural Parcial Marina de les Medes del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Memòria 2018*. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals. pp 7–32.

Introducció

El turisme de busseig és una de les formes més importants d'ús comercial de les àrees marines protegides en tot el món (Rouphael i Inglis 2001, Lloret *et al.* 2006, Parsóns i Thur 2008). Aquesta indústria creixent pot entrar en conflicte amb els valors ecològics que formen la base de les àrees marines protegides (AMP), i pot accelerar la seva degradació (Davis i Tisdell 1995). En aquest context, els bussejadors poden afectar als organismes marins de manera intencionada o accidental. El dany es pot produir per contacte directe amb els organismes marins (amb el cos o amb l'equip de busseig), per bombolles d'aire o per un augment de la resuspensió de sediment, incrementant en molts casos la mortalitat parcial i disminuint la cobertura de molts animals filtradors (Zakai i Chadwick-Furman 2002, Luna-Pérez *et al.* 2011).

L'impacte del submarinisme es pot avaluar observant el comportament dels submarinistes directament (Rouphael i Inglis 2001, Zakai i Chadwick-Furman 2002, Barker i Roberts 2004, Di Franco *et al.* 2009), comparant l'estat de l'ecosistema entre zones freqüentades i no freqüentades i al llarg del temps (Garrabou *et al.* 1998, Coma *et al.* 2004, Luna-Pérez *et al.* 2011, De la Nuez-Hernández *et al.* 2014). Degut a la impossibilitat d'estudiar la totalitat dels ecosistemes, la metodologia més adient és seleccionar espècies indicadores que siguin sensibles a l'impacte produït per les pertorbacions que es pretenen avaluar. Aquestes espècies han de seguir uns criteris estadístics (abundància i repetibilitat), que siguin fàcilment estudiades (mida gran i taxonomia fàcil), i que tinguin un important paper en els ecosistemes, ja sigui a nivell funcional o estructural (Linares i Doak 2010). A més, la metodologia s'ha de basar en mètodes no destructius degut a l'impacte del propi estudi que es pugui produir sobre les comunitats, especialment si es realitzen en zones protegides.

La majoria d'estudis realitzats, sobretot en zones tropicals, han utilitzat espècies de coralls, ja que són espècies enginyeres, amb una estructura calcària fràgil i sensible a les pertorbacions físiques causades pels submarinistes (Dixon *et al.* 1993, Hawkins *et al.* 1999, Tratalos i Austin 2001, Rouphael i Inglis 2001, Barker i Roberts 2004, Parsóns i Thur 2008, Dearden *et al.* 2010). A la Mediterrània, les comunitats més sensibles a les pertorbacions físiques causades pels submarinistes són les comunitats esciòfiles i del coral·ligen, ja que estan dominades per organismes sèssils amb una estructura tridimensional sovint molt conspícua (Ballesteros 2006, Sala *et al.* 1996, Lloret *et al.* 2006).

Així, varis estudis es van centrar en les gorgònies (Coma *et al.* 2004, Linares *et al.* 2010), el corall vermell (Linares *et al.* 2012) i els briozous (Sala *et al.* 1996, Garrabou *et al.* 1996) com a espècies indicadores. En aquest context, els briozous han mostrat ser un bon indicador de l'impacte del busseig, degut a la seva composició calcària d'elevada fragilitat, i a que estan sotmesos a trencaments i abrasions que produeixen una disminució de la densitat i de les mides de les colònies (Sala *et al.* 1996, Garrabou *et al.* 1998, García-Charton *et al.* 2005, Ballesteros 2006). Les espècies de briozous considerades en aquest estudi tenen possiblement una dinàmica de creixement més

ràpida i un cicle de vida més curt, de manera que poden donar una resposta més ràpida sobre els efectes dels bussejadors de cara a la implementació de les mesures de gestió.

L'impacte del submarinisme en les poblacions de briozous ha estat recentment documentat al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter (Sala *et al.* 1996, Garrabou *et al.* 1996, 1998, Hereu *et al.* 2014, Hereu *et al.* 2015, Pagès *et al.* 2016). Per tal d'avaluar l'efecte del busseig sobre les poblacions de briozous en diferents zones de busseig del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter es van escollir dues espècies força freqüents com l'anomenada banya d'ant, *Pentapora fascialis*, i el corall bord, *Myriapora truncata* (Figura 1). Ambdues espècies formen colònies fàcils de reconèixer i diferenciar, amb esquelets grans que presenten certa fragilitat als impactes físics, i varen mostrar ser uns bons indicadors de l'efecte directe del busseig sobre les comunitats d'algues semi esciòfiles entre els 15 i els 25 metres de profunditat (Hereu *et al.* 2015, Pagès *et al.* 2016). De totes maneres, s'ha de tenir en compte que tenim un gran desconeixement de la biologia i dinàmica d'aquestes espècies, i en general dels briozous i, per tant, és vital adquirir un coneixement bàsic per ser considerades un dels millors descriptor a nivell de gestió adaptativa.

Amb l'objectiu d'avaluar els efectes de l'escafandrisme, l'octubre de 2018 es va dur a terme un mostreig de les poblacions de *P. fascialis* i *M. truncata*, per poder-lo comparar amb el mostreig del 2017 per així poder comparar els resultats d'ambdós períodes, avaluar l'estat i evolució de les poblacions i relacionar-los amb la freqüentació de submarinistes. Enguany es van descartar 6 transsectes del 2017 degut a la baixa densitat de colònies que presentaven. A més a més, el juliol d'aquest any es va dur a terme un mostreig addicional al detectar un episodi de fort reclutament de *P. fascialis*.

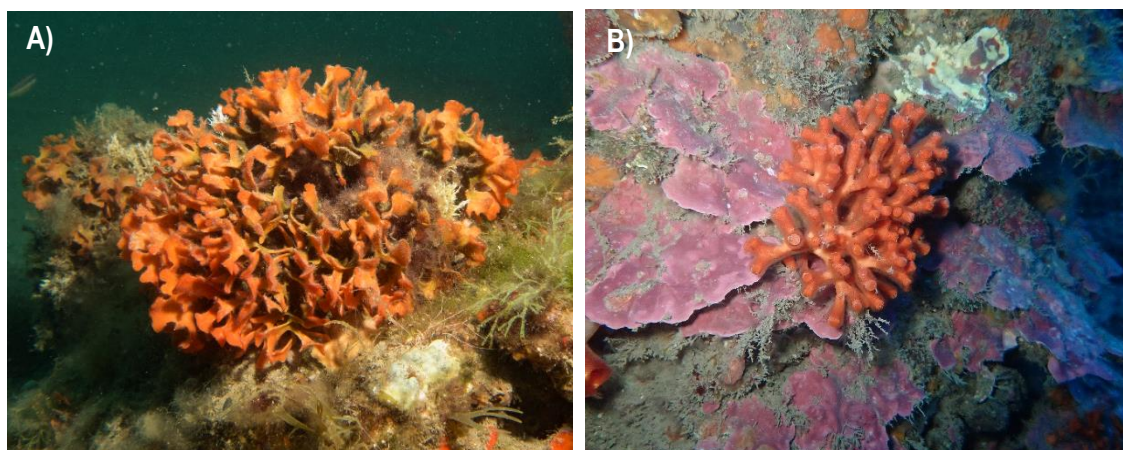


Figura 1. A) colònia de la banya d'ant (*Pentapora fascialis*). B) colònia de corall bord (*Myriapora truncata*).

Materials i mètodes

Disseny de mostreig

La tria d'estacions es va fer tenint en compte dues condicions essencials: la proximitat amb les boies de busseig dels centres de submarinisme i la presència de colònies conspicües dels dos descriptors, la banya d'ant (*Pentapora fascialis*) i el corall bord (*Myriapora truncata*). Per altra banda, es va escollir una estació no freqüentada per submarinistes a la Zona de Control (Medallot), per poder aïllar i determinar l'efecte del busseig comparant-la amb les estacions on sí que s'hi practica aquesta activitat. Les estacions escollides es troben al Parc Natural del Montgrí, les illes Medes i el Baix Ter; inicialment es van seleccionar onze d'aquestes estacions dins de la Reserva Natural Parcial (RNP), de les quals per motius de molt baixa abundància de briozous i per la distància a les boies se'n van descartar 6; s'han mantingut la resta que no es trobaven dins la RNP: una a la Zona de Control (ZC) i tres a la Zona de Parc Natural de la costa del Montgrí (PN) (Figura 2, Taula 1).

Taula 1. Relació de estacions mostrejades, el seu grau de protecció, la data de mostreig, la fondària i les coordenades geogràfiques (referenciades al fus 31N datum geogràfic ETRS89). Grau de protecció: Zona de Control (ZC), Reserva Natural Parcial (RNP), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP), Parc Natural (PN).

Parc	Prot.	Estació	Fondària (m)	Data
Medes i Montgrí	ZC	Medallot	17	2018-09-20
	RNP	Salpatxot	19	2018-09-20
		Pedra de Déu	21	2018-09-17
		Pota del Llop	22	2018-09-18
		Tascó Gros	21	2018-09-17
	ZPP	Freu	21	2018-09-21
	PN	Cap Castell	20	2018-11-16
		Paieta	17	2018-09-18
		Pta. Salines	19	2018-09-18

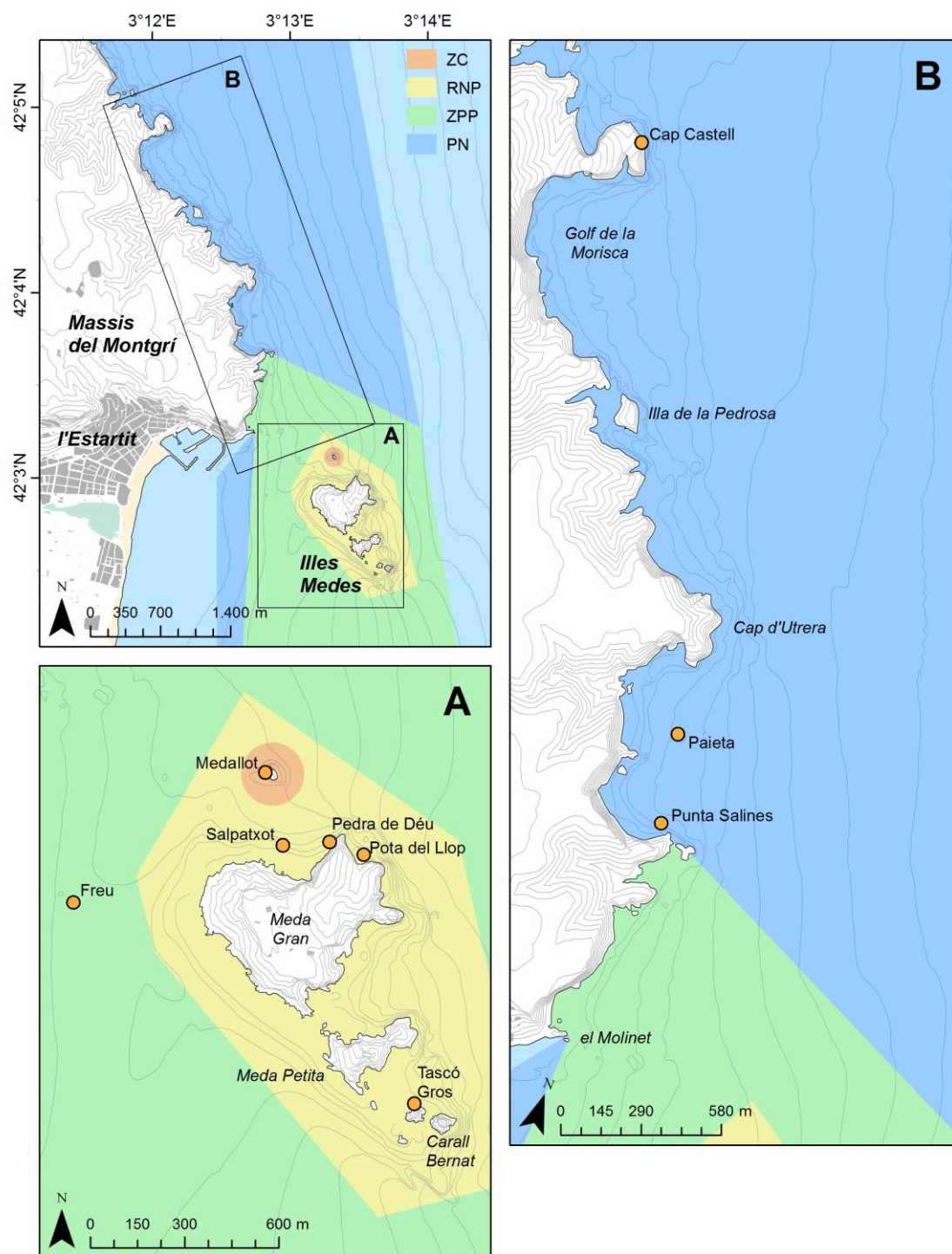


Figura 2. Mapa de les estacions de mostreig de briozous al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Grau de protecció: Zona de Control (ZC), Reserva Natural Parcial (RNP), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP), Parc Natural (PN).

Metodologia d'estudi

Es va dur a terme un mostreig entre setembre i octubre del 2018, amb la finalitat de poder comparar cada població amb ella mateixa un any abans, i avaluar, d'aquesta manera, com les poblacions responen davant la freqüentació de submarinistes i la seva evolució. Enguany també es va dur a terme un mostreig addicional al juliol, al detectar-se un episodi de fort reclutament de *P. fascialis*.

Per a poder comparar cada estació al llarg dels anys, es varen monitoritzar transsectes fixes amb la finalitat de mesurar l'abundància de les colònies de cada espècie exactament al mateix lloc, eliminant així l'error en les mesures degut a la variabilitat espacial en la distribució d'aquestes. Així doncs, l'any 2016 a cada estació es va marcar un transsecte de 6 metres amb una cinta mètrica, on a cada metre es van instal·lar marques permanents amb cargols de plàstic fixats amb massilla epoxídica de dos components, que permet la re-localització de cada transsecte. A més, es va dibuixar un mapa de cada transsecte amb les coordenades, la fondària i la posició respecte als trets orogràfics més característics de la zona.

El transsecte es recorria des de l'inici, posicionant cada mig metre un quadre de 50 x 100 cm fabricat amb tubs de PVC (dividit en dos quadres de 50x50 cm) col·locat perpendicularment a banda i banda de la cinta mètrica que marca el transsecte, seguint la nomenclatura següent: quadres col·locats perpendicularment a l'esquerra (quadrats A i B), quadres col·locats perpendicularment a la dreta (quadrats C i D) de la cinta mètrica (vegeu Figura 4 i Figura 5). Aquesta metodologia permet referenciar la posició de cada quadre respecte la cinta mètrica, de forma que cada colònia de briozous queda espacialment referenciada i es pot identificar al llarg dels diferents anys de seguiment, permetent així determinar la seva supervivència, creixement o mortalitat.

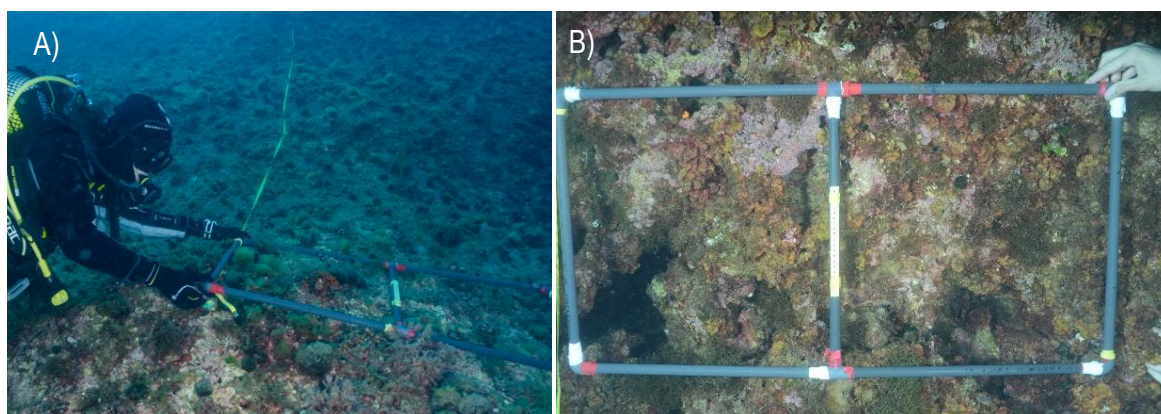


Figura 3. A) mostreig in situ realitzat mitjançant escafandre autònoma. B) fotografia d'un rectangle de PVC del transsecte de Pota del Llop, col·locat al inici del transsecte (s'observa el primer clau) a la banda esquerra del transsecte (quadrats A i B respectivament).

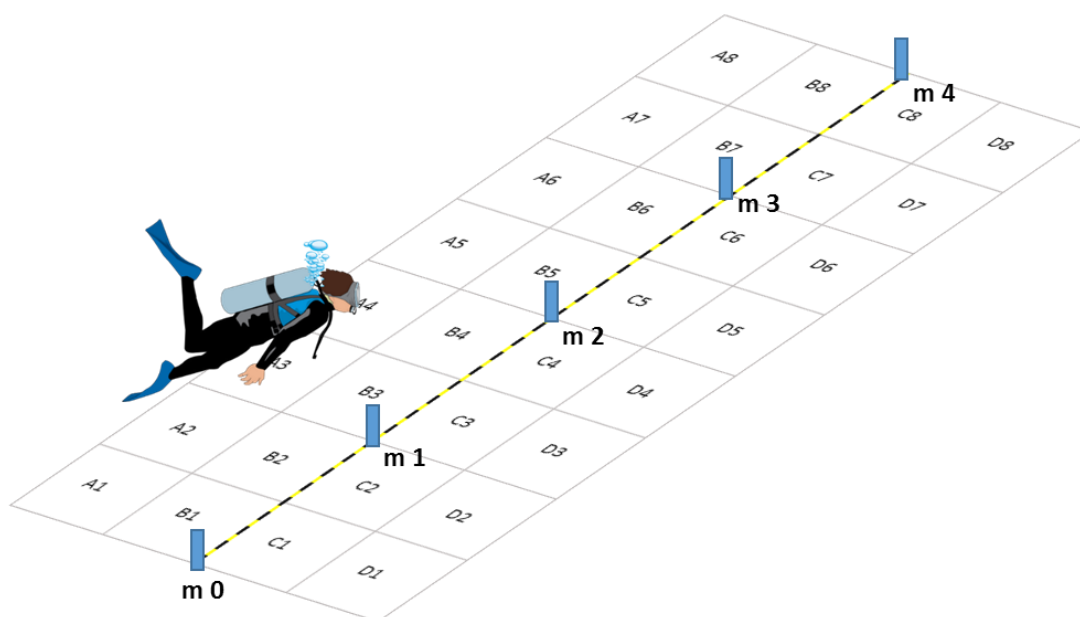


Figura 4. Esquema d'un transecte delimitat per marques fixes a cada metre, i units per una cinta mètrica que fa de referència per a delimitar una àrea de 2 m d'ample i 6 m de llarg del transecte, i subdividida per quadrats de 50x50 cm.

Un cop referenciat el transecte, la presa de dades va consistir en dues parts. La primera va ser l'obtenció dels paràmetres i l'adquisició de fotografies de cada quadrat *in situ*. Posteriorment, es va realitzar la anàlisi de les fotografies i de totes les dades preses al camp.

En el mostreig *in situ* es van elaborar mapes de cada transecte (Figura 5), referenciant espacialment cada quadrat de 50x50 cm respecte la cinta mètrica per poder-lo comparar posteriorment amb les fotografies i entre els diferents mostreigs anuals. A cada un dels quadrats es van identificar i posicionar totes les colònies de *Pentapora fascialis* i *Myriapora truncata*. Per a cada quadrat, es va mesurar la densitat de cada espècie comptant el nombre de colònies presents, i també es va mesurar l'alçada màxima de cada colònia, així com el grau de mortalitat, anotant el percentatge de necrosi (teixit mort de la colònia) o epibiosi (part de la colònia morta i coberta d'altres organismes).

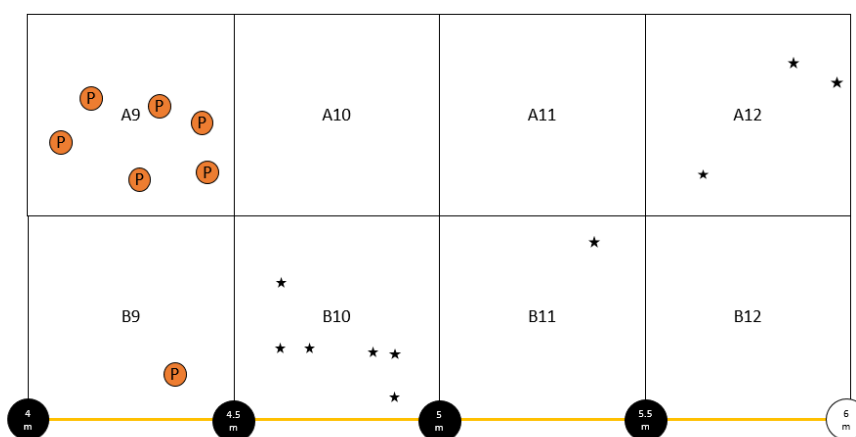


Figura 5. Exemple d'una part del mapa del transecte de Tascó Gros del mostreig del juliol del 2015.

Degut a que les colònies més exposades són les més fràgils als impactes causats pels submarinistes, es va determinar el grau d'exposició de cada colònia en un ordre decreixent seguint el criteri establert per Sala *et al.* (1996), excepte les colònies epífites sobre gorgònies blanques (*Eunicella singularis*), que degut a l'hàbitat estructural conferit per aquestes, i per la seva flexibilitat que els permet esmorteir els impactes, es varen considerar com una categoria independent. La classificació es va fer de la següent manera: 1) Epífit d'*Eunicella singularis*, 2) Sobre superfície convexa, 3) Sobre superfície plana, 4) Sobre superfície còncava, 5) Sota extraploms (Figura 6).

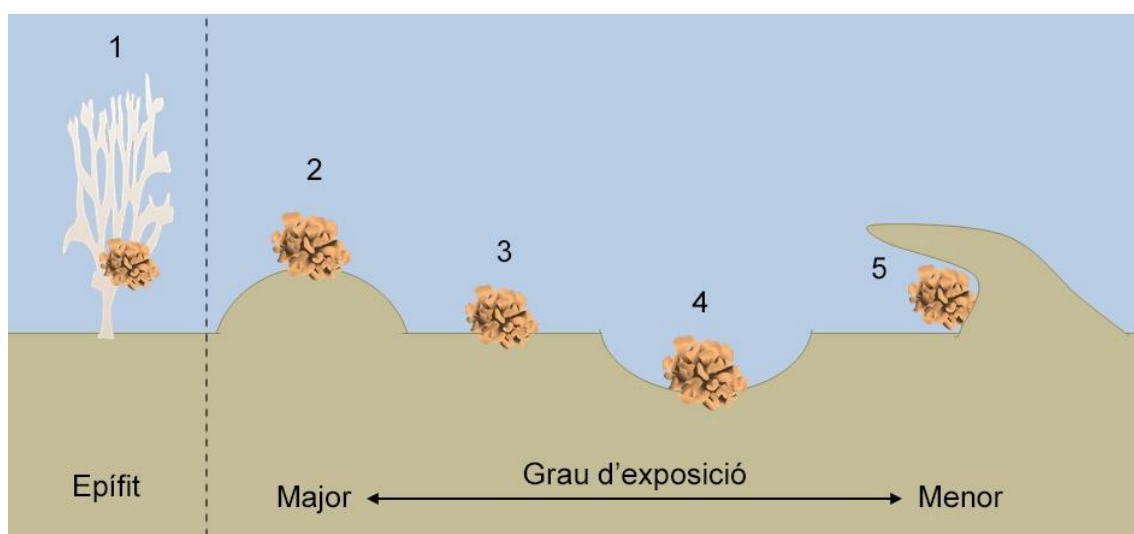


Figura 6. Classificació dels graus d'exposició utilitzats en aquest treball. 1) Epífit de *Eunicella singularis*, 2) Sobre superfície convexa, 3) Sobre superfície plana, 4) Sobre superfície còncava, 5) Sota extraploms.

Per altra banda, es van realitzar fotografies de cada quadre (Figura 4B) amb la càmera Canon Power Shot G7X. Es va registrar la posició de cada fotografia respecte el centre i l'origen de la cinta mètrica, per poder-les comparar posteriorment amb els mapes submarins elaborats in situ, i amb les fotografies dels anys anteriors.

Dels transsectes del 2017 se'n van descartar 6 degut a la baixa densitat d'aquests; la resta de transsectes es van mostrejar igual que l'any anterior amb la finalitat de detectar possibles canvis en totes les variables estudiades. Gràcies a la metodologia descrita anteriorment, es va poder situar espacialment tota l'àrea de mostreig i es va identificar individualment cada colònia, repetint a cada mostreig les mateixes mesures, i obtenint així paràmetres demogràfics. D'aquesta manera, es podrà repetir el mostreig en un futur per estudiar l'evolució de les poblacions.

Amb la finalitat de tenir una perspectiva temporal més àmplia, hem analitzat les densitats de les poblacions d'ambdues espècies de briozous en les estacions que es varen començar a mostrejar l'octubre de 2014, i es varen continuar l'abril i octubre de 2015, juliol i octubre de 2016 i enguany. L'evolució de les poblacions a llarg termini ens permetrà interpretar de millor manera i dimensionar els canvis produïts entre aquest any i l'anterior.

Anàlisi de dades

Tots els paràmetres es van analitzar diferenciant els períodes de mostreig (octubre del 2017 i octubre del 2018), a excepció de les densitats, on s'han afegit també els mostresos del juliol del 2018 per determinar millor l'evolució d'aquest paràmetre. Per cada estació i període de temps, i per a cada espècie, es varen analitzar els següents descriptors: densitat, mida mitjana, estructura de talles, grau d'exposició. L'anàlisi de dades es va realitzar de la següent manera:

1. Anàlisi general

Per a cada espècie, es va comptabilitzar el nombre de colònies presents en cada quadre del transecte, i amb el valor de tots els quadres de cada transecte es va calcular el valor mig de la densitat en cada estació per cada període de mostreig. Per analitzar si hi havia diferències significatives entre la densitat entre els diferents períodes de mostreig es va realitzar un anàlisi no paramètric de Kruskal-Wallis (Kruskal i Wallis 1952).

Per altra banda, es va calcular l'alçada mitjana de les colònies de cada estació per cada període de mostreig per a determinar si hi havia diferències significatives entre l'alçada mitjana de les colònies entre els dos anys a cada localitat mitjançant un anàlisi no paramètric Kruskal-Wallis (Kruskal i Wallis 1952).

2. Estructura de les poblacions

Per cada estació i espècie, es va estudiar:

- **Estructura de talles.** Es va analitzar l'estructura de talles obtinguda a partir de l'alçada de les colònies, agrupades en classes de talla de 1,5 centímetres per *P. fascialis* i 1 centímetre per *M. truncata*.
- **Grau d'exposició.** Es va analitzar la distribució de colònies en cada nivell d'exposició per a determinar l'efecte de la protecció en la supervivència.

Resultats

Anàlisi general

Pentapora fascialis

En general, la densitat de colònies de *P. fascialis* a l'octubre d'enguany s'ha mantingut pràcticament igual que a l'octubre de l'any anterior, sense diferències significatives en totes les estacions; la densitat de Medallot, però, ha augmentat lleugerament des de l'octubre del 2017. Tot

i això, si comparem l'octubre amb el juliol d'aquest any, s'observen densitats més elevades al juliol, amb diferències significatives en dues estacions: Tascó Gros ($X^2=17,11$, $p<0,001$) i Freu ($X^2=21,75$, $p<0,001$); en la resta, encara que no ha sigut significatiu, la densitat també ha disminuït d'un període a l'altre (Figura 7, Taula 2).

Les estacions de Salpatxot, Pedra de Déu, Paieta i Punta Salines no varen ser visitades al juliol i, per tant, no es mostren els valors de densitat.

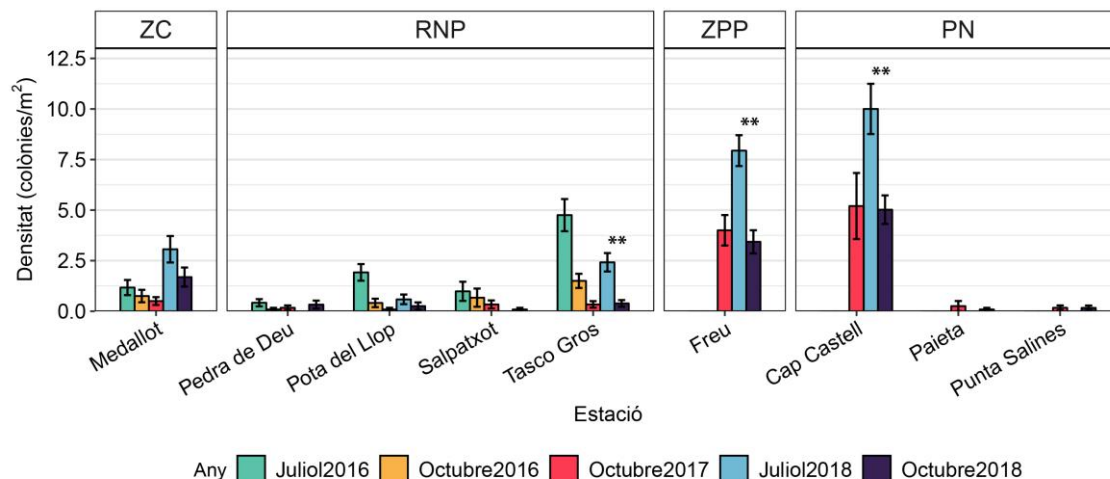


Figura 7. Densitat mitjana (nombre de colònies/m²) de *Pentapora fascialis* en les diferents estacions, en els diferents períodes de mostreig. Els asteriscs a les estacions indiquen diferències estadísticament significatives entre les densitats de períodes consecutius (en aquest cas, entre juliol 2018 i octubre 2018). Les barres d'error corresponen a l'error estàndard.

Taula 2. Resultats del test estadístic de Kruskal-Wallis comparant les dades de la densitat de colònies de *Pentapora fascialis* entre els següents períodes de temps: juliol del 2018 amb l'octubre del 2018, i octubre del 2017 amb octubre del 2018, per a cada estació.

Estació	Juliol 2018 - Octubre 2018		Octubre 2017 - Octubre 2018	
	χ^2	p-valor	χ^2	p-valor
Medallot	3,64	0,06	2,59	0,11
Salpatxot	-	-	1,15	0,28
Pedra de Déu	-	-	0,20	0,65
Pota del Llop	2,07	0,15	0,35	0,55
Tascó Gros	17,11	< 0,01	0,05	0,82
Freu	21,75	< 0,01	0,27	0,60
Cap Castell	10,07	< 0,01	3,41	0,06
Paieta	-	-	0,0002	0,99
Punta Salines	-	-	0,0004	0,98

L'alçada mitjana de les colònies de *P. fascialis* no mostra un patró clar en els dos anys de mostreig. Tal i com s'observa a la Figura 8, la mida mostral varia molt a cada estació i en la majoria d'elles és molt baixa, per tant, qualsevol anàlisis respecte la seva talla no es pot considerar significatiu.

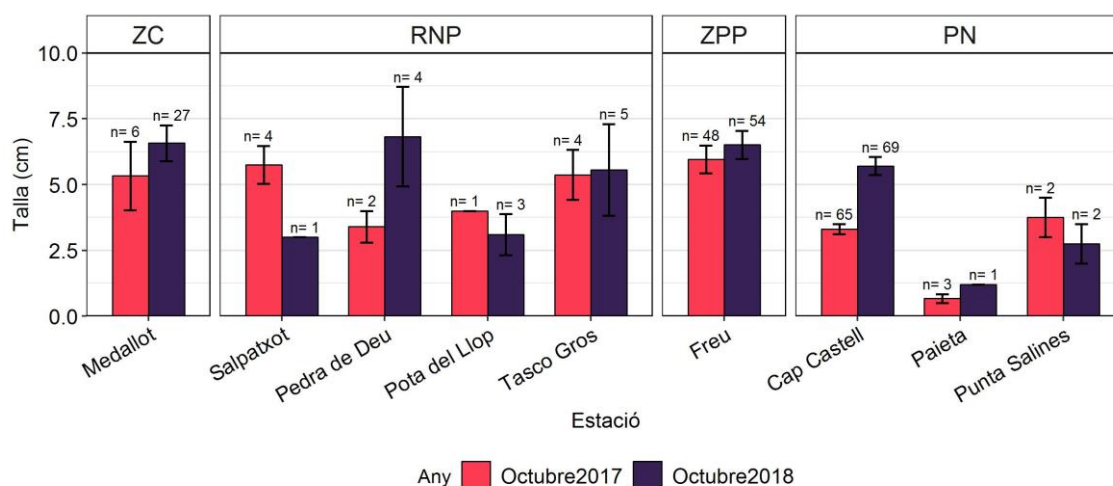


Figura 8. Alçada mitjana (cm) de *Pentapora fascialis* en les diferents estacions, diferenciant els períodes de mostreig (octubre del 2017 i octubre del 2018). Els asteriscs a les estacions indiquen diferències estadísticament significatives entre les alçades del 2017 i el 2018.

Pel que fa al grau d'exposició, s'observa que la majoria de colònies de *P. fascialis* censades al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter es troben en posicions planes i epífites, i en menys quantitat en extraploms, en posicions còncaves i convexes. Cal tenir en compte el baix nombre de colònies observat en moltes de les estacions, i només a les estacions com Medallot, Cap Castell i el Freu els valors dels percentatges són molt més representatius degut a l'elevat nombre de colònies presents al llarg del transsecte (Figura 9).

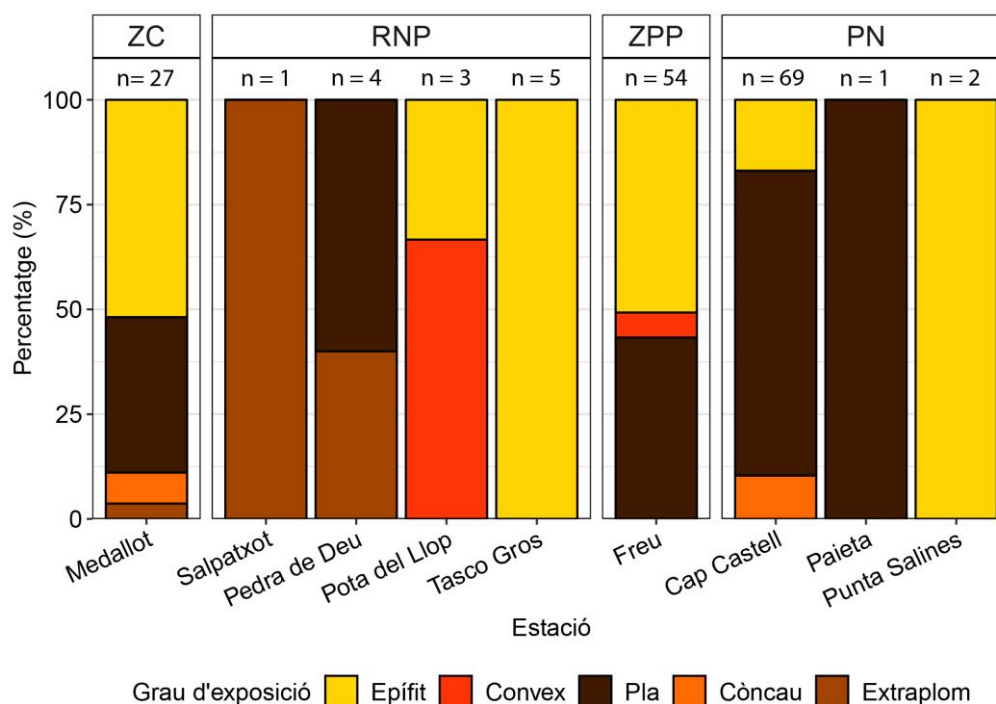


Figura 9. Percentatge de colònies de *P. fascialis* que es troben en cada grau d'exposició, en cadascuna de les estacions del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. A sobre de cada barra es mostra el nombre de colònies trobades a cada transsecte.

Myriapora truncata

Les densitats de *M. truncata* a l'octubre del 2018 són molt baixes, no superant les 3 colònies/m² a cap de les estacions mostrejades, i sent inferiors a les de *P. fascialis* pràcticament a tot arreu. No s'han trobat diferències significatives entre les densitats de l'octubre de 2017 i l'octubre del 2018, però s'intueix una tendència a la baixa any rere any. Pel que fa a la comparació entre juliol i octubre de 2018, no s'han pogut dur a terme testos estadístics degut a la baixa mida mostral de totes les estacions (Figura 10, Taula 3).

Les estacions de Salpatxot, Pedra de Déu, Paieta i Punta Salines no varen ser visitades al juliol i, per tant, no es mostren els valors densitat. La resta d'estacions que no presenten cap valor significa que no es va trobar cap colònia.

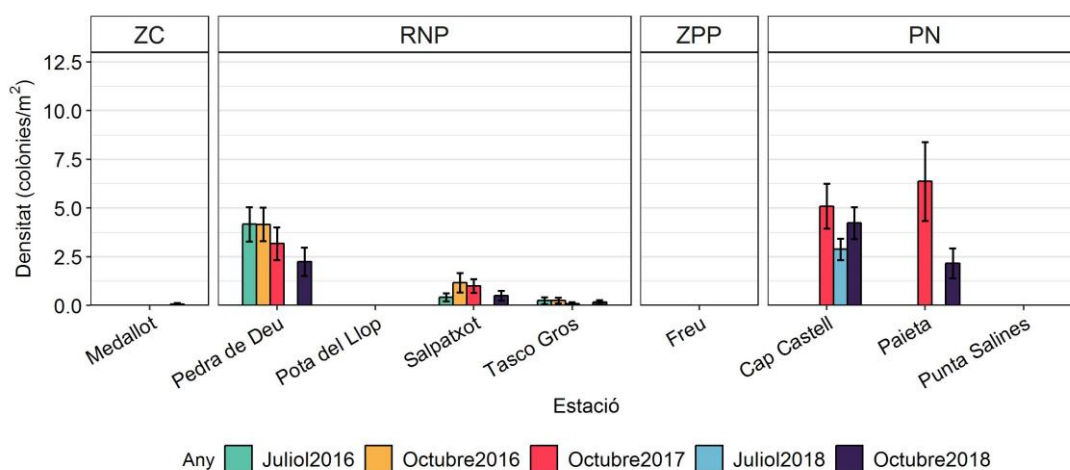


Figura 10. Densitat mitjana (nombre de colònies/m²) de *Myriapora truncata* en les diferents estacions, en els diferents períodes de mostreig. Els asteriscs a les estacions indiquen diferències estadísticament significatives entre les densitats de períodes consecutius. Les barres d'error corresponen a l'error estàndard.

Taula 3. Resultats del test estadístic de Kruskal-Wallis comparant les dades de la densitat de colònies de *Myriapora truncata* entre els següents períodes de temps: juliol del 2018 amb l'octubre del 2018, i octubre del 2017 amb octubre del 2018, per a cada estació.

Estació	Juliol 2018-Octubre 2018		Octubre 2017-Octubre 2018	
	χ^2	p-valor	χ^2	p-valor
Medallot	-	-	0,56	0,45
Salpatxot	-	-	2,05	0,15
Pedra de Déu	-	-	1,21	0,27
Pota del Llop	-	-	-	-
Tascó Gros	-	-	0,32	0,56
Freu	-	-	-	-
Cap Castell	0,79	0,37	0,06	0,81
Paieta	-	-	0,56	0,45
Punta Salines	-	-	-	-

L'alçada mitjana de les colònies de *M. truncata* no mostra un patró clar en els dos anys de mostreig. Tal i com s'observa a la Figura 10, la mida mostral varia molt a cada estació i en la majoria d'elles és baixa, per tant, qualsevol anàlisi respecte la seva talla no es pot considerar significatiu.

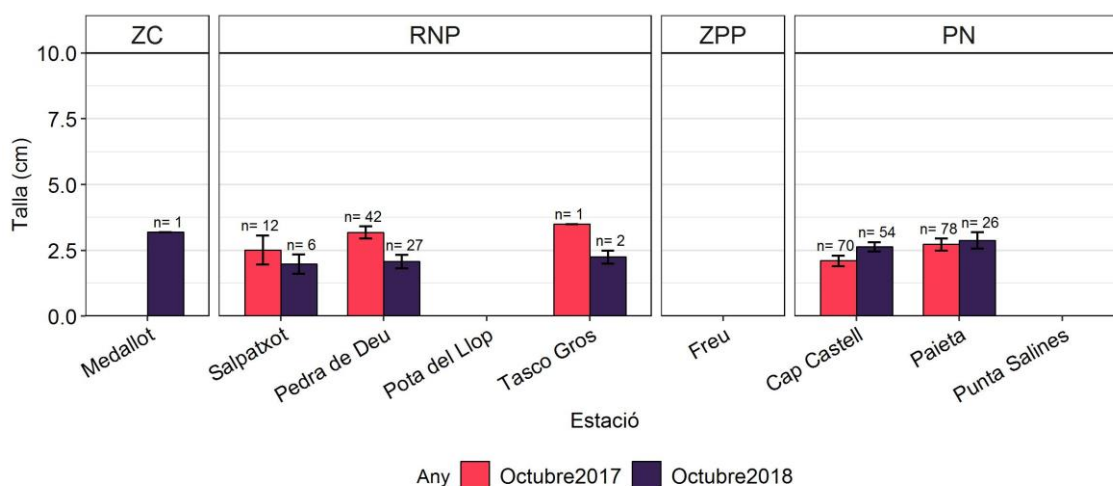


Figura 11. Alçada mitjana (cm) de *Myriapora truncata* en les diferents estacions, diferenciant els períodes de mostreig (octubre del 2017 i octubre del 2018). Els asteriscs a les estacions indiquen diferències estadísticament significatives entre les alçades del 2017 i el 2018.

En quant al grau d'exposició, la majoria de colònies de *M. truncata* trobades als mostrejos es troben en posició plana. S'han trobat percentatges molt baixos de colònies en posicions epífites i convexes. S'observen estacions amb un nombre de colònies massa baix com per treure'n conclusions, com ara el Medallot, en el qual només hi ha una colònia, on Tascó Gros i Salpatxot, amb 2 i 6 colònies respectivament. Altres estacions tenen un nombre de colònies suficientment elevat com perquè els resultats siguin representatius, com són la Paieta, Pedra de Déu i Cap Castell (Figura 12).

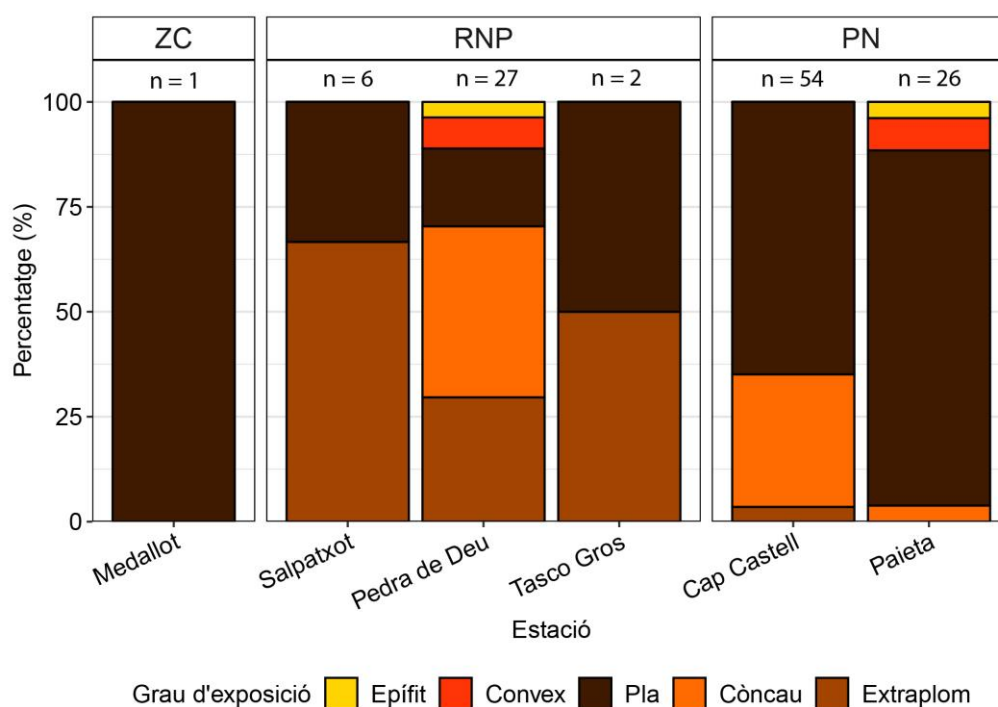


Figura 12. Percentatge de colònies de *M. truncata* que es troben en cada grau d'exposició, en cadascuna de les estacions del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. A sobre de cada barra es mostra el nombre de colònies trobades a cada transsecte. S'han omès les estacions en les que no s'ha trobat cap colònia.

Anàlisi per estació

Medallot

Donat que és una zona de control, aquesta estació es diferencia de tota la resta perquè no està freqüentada per bussejadors ni tampoc pot tenir cap impacte degut als arts de pesca o altres pertorbacions que no siguin les naturals. A més, aquesta estació va estar freqüentada fins l'any 2016, de forma que és una excel·lent referència d'una zona que s'ha deixat d'impactar i poder seguir la seva possible recuperació.

a) *Pentapora fascialis*

La densitat de colònies ha augmentat respecte l'octubre de l'any 2017, tot i que no de manera significativa (Figura 7, Taula 2).

Pel que fa a l'estructura de talles, s'observa una disminució de les talles més petites (0-1.5 cm) i de les més grans (<9 cm). Les colònies que queden entre aquests valors han variat d'un any a l'altre, sense seguir un patró clar, tot i que hi ha hagut un desplaçament de les talles petites-mitjanes cap a talles de mida més gran (6-9 cm) (Figura 13A).

En quant al grau d'exposició, ni el 2017 ni el 2018 s'han trobat colònies totalment exposades. Les que es troben en posició epífita han disminuït respecte l'any passat, i les que es troben en posició plana han augmentat lleugerament. Enguany han aparegut noves colònies en les posicions còncau i en extraplom (Figura 13B).

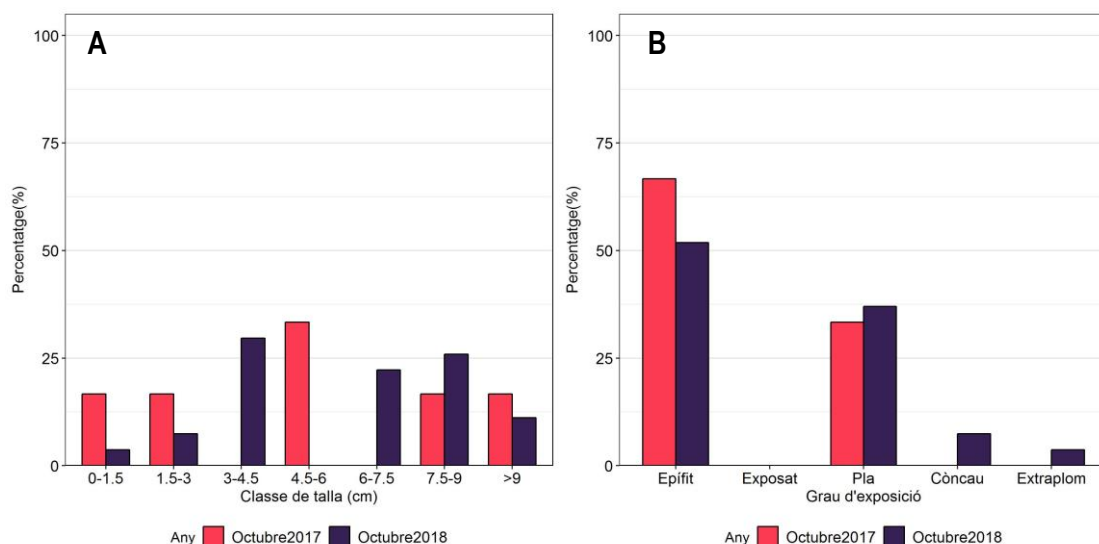


Figura 13. Estació de Medallot: A) Estructura de talles (alçada) i B) Grau d'exposició de *Pentapora fascialis*, diferenciant els dos períodes de mostreig.

b) *Myriapora truncata*

Enguany només s'ha trobat una colònia de *M. truncata* a l'estació del Medallot (Figura 10), i aquesta mesurava entre 3 i 4 cm i es trobava en posició plana.

Pedra de Déu

a) *Pentapora fascialis*

La densitat de *P. fascialis* a l'estació de Pedra de Déu ha estat de poc més d'una colònia/m² a l'octubre del 2018 i no s'han trobat diferències significatives amb el mateix període de l'any anterior (Figura 7, Taula 2).

A l'estructura de talles s'observa un augment de colònies grans (7.5-9 cm) i cap colònia de mida petita (0-1.5 cm) (Figura 14A).

Les colònies es troben en major part en posicions planes (l'any 2017 no se'n va trobar cap) i algunes altres en extraploms (l'any passat se'n va trobar alguna més en aquesta posició). Les colònies que es varen trobar en posició còncaua,enguany ja no hi eren (Figura 14B).

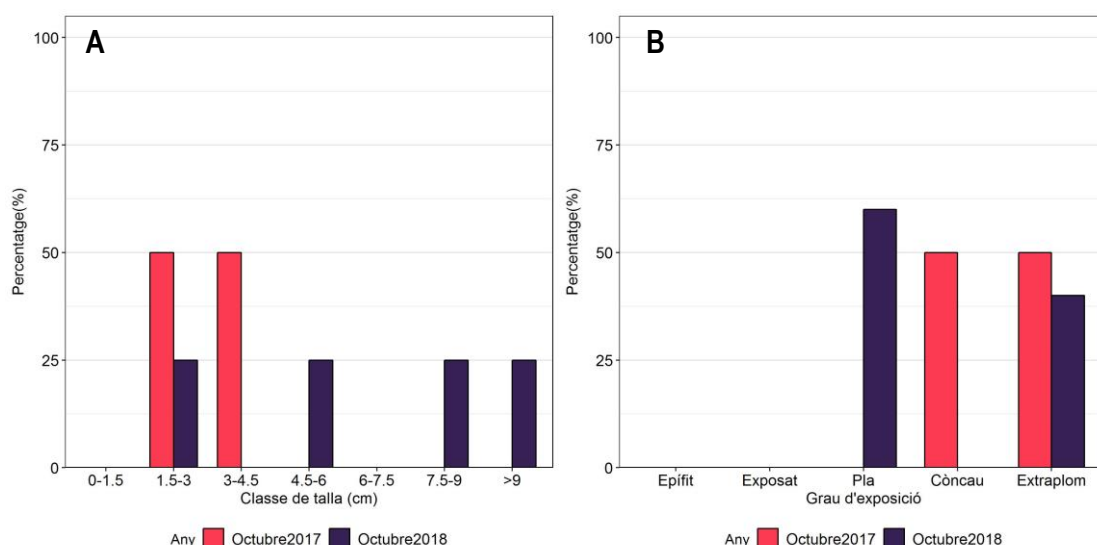


Figura 14. Estació de Pedra de Déu: A) Estructura de talles (alçada) i B) Grau d'exposició de *Pentapora fascialis*, diferenciant els dos períodes de mostreig.

b) *Myriapora truncata*

La densitat de *M. truncata* a l'estació de Pedra de Déu disminueix any rere any, obtenint enguany la xifra d'aproximadament 2 colònies/m²; tot i això no existeixen diferències significatives entre l'octubre del 2017 i el del 2018 (Figura 10, Taula 3).

S'observa en l'estructura de talles que les colònies de mida mitjana han disminuït aquest octubre del 2018, i que les més grans han desaparegut, mentre que les colònies de talla més petita (0-1 i 1-2 cm) són més abundants que l'any anterior (Figura 15A).

En quant al grau d'exposició, no s'ha trobat cap colònia epífita i la majoria es troben en posició còncaua, seguida d'extraplom. Les posicions plana i exposada són les que presenten menor nombre d'individus (Figura 15B).

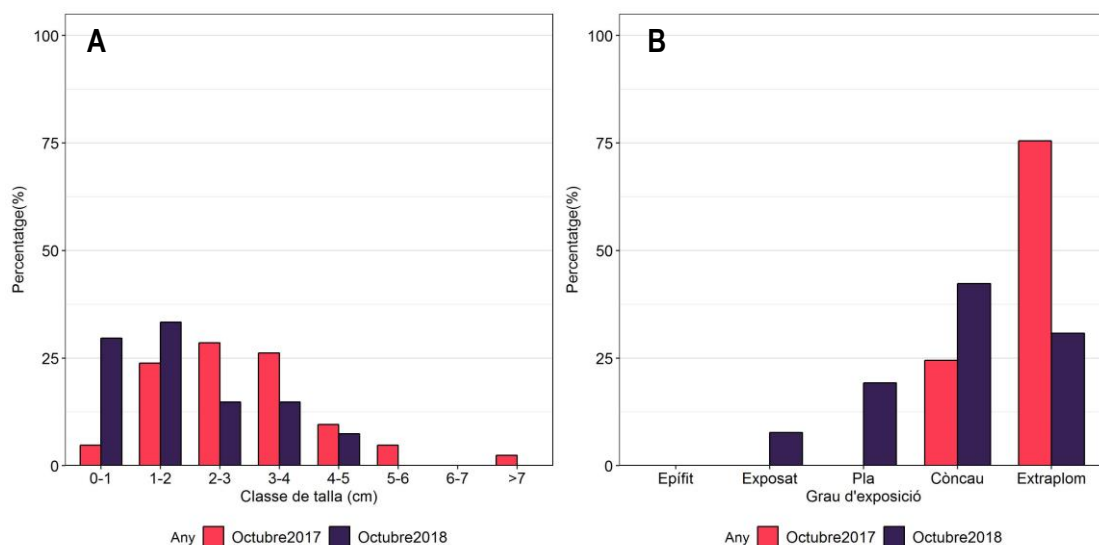


Figura 15. Estació de Pedra de Déu: A) Estructura de talles (alçada) i B) Grau d'exposició de *Myriapora truncata*, diferenciant els dos períodes de mostreig.

Pota del Llop

a) *Pentapora fascialis*

Només s'han trobat 3 colònies de *P. fascialis* en tot el transecte de Pota del Llop (l'any 2017 tant sols se'n va trobar una) (Figura 7). D'aquestes, dues mesuraven 1.5-3 cm i l'altra 2-4.5 cm. En quant al grau d'exposició se'n va trobar dues d'exposades i una d'epífita.

b) *Myriapora truncata*

En cap dels anys mostrejats s'ha trobat cap colònia de *M. truncata* a l'estació de Pota del Llop (Figura 10).

Salpatxot

a) *Pentapora fascialis*

Únicament s'ha trobat una colònia de *P. fascialis* a l'estació del Salpatxot (Figura 7), i aquesta mesurava 3-4.5 cm i es trobava en posició d'extraplom.

b) *Myriapora truncata*

La densitat de colònies de *M. truncata* a l'estació sempre ha estat molt baixa (no arriba a una colònia/m² enguany); no s'han observat diferències significatives entre els octubres de 2017 i 2018 (Figura 10, Taula 3).

La major part de colònies tenen una mida d'entre 2 i 3 cm, i en trobem algunes de mida petita (0-1 cm). Hi ha total absència de colònies grans (Figura 16A).

Pel que fa al grau d'exposició, trobem les colònies repartides entre la posició d'extraplom (la major part) i plana (en minoria) (Figura 16B).

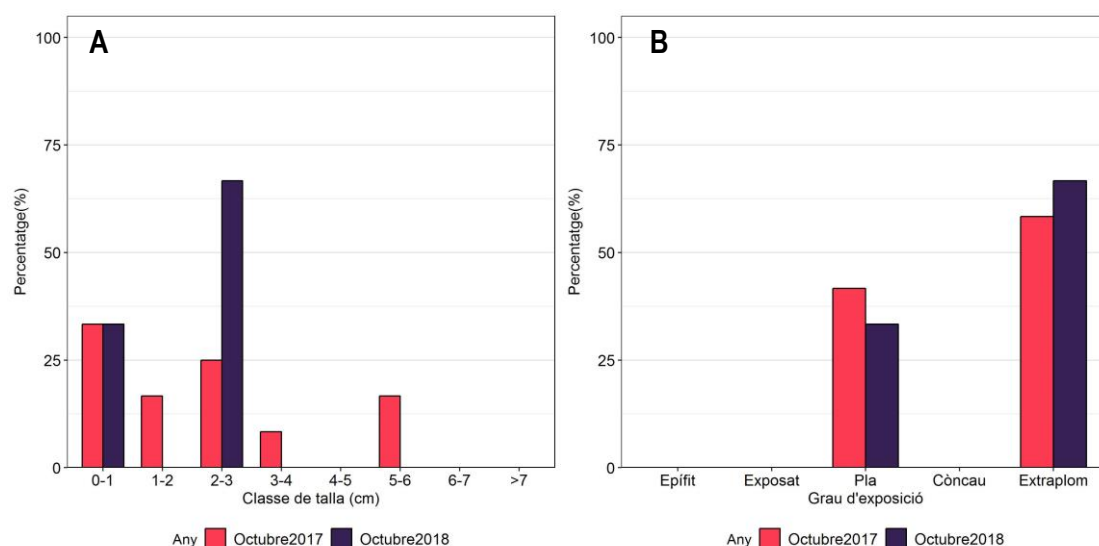


Figura 16. Estació de Salpatxot: A) Estructura de talles (alçada) i B) Grau d'exposició de *Myriapora truncata*, diferenciant els dos períodes de mostreig.

Tascó Gros

a) *Pentapora fascialis*

La densitat de *P. fascialis* a l'octubre d'aquest any ha estat molt baixa, no presentant diferències significatives amb l'octubre de l'any passat; tot i això, sí que s'han trobat diferències significatives amb el juliol d'aquest any en el que s'observa un nombre de colònies elevat en comparació amb els octubres d'ambdós anys (Figura 7, Taula 2).

La major part de les colònies es troben a la mida 3-4.5 cm; trobem un petit percentatge de colònies grans (>9 cm) (Figura 17A).

Igual que l'any 2017, totes les colònies trobades al transsecte de Tascó Gros s'han trobat en posició epífita (Figura 17B).

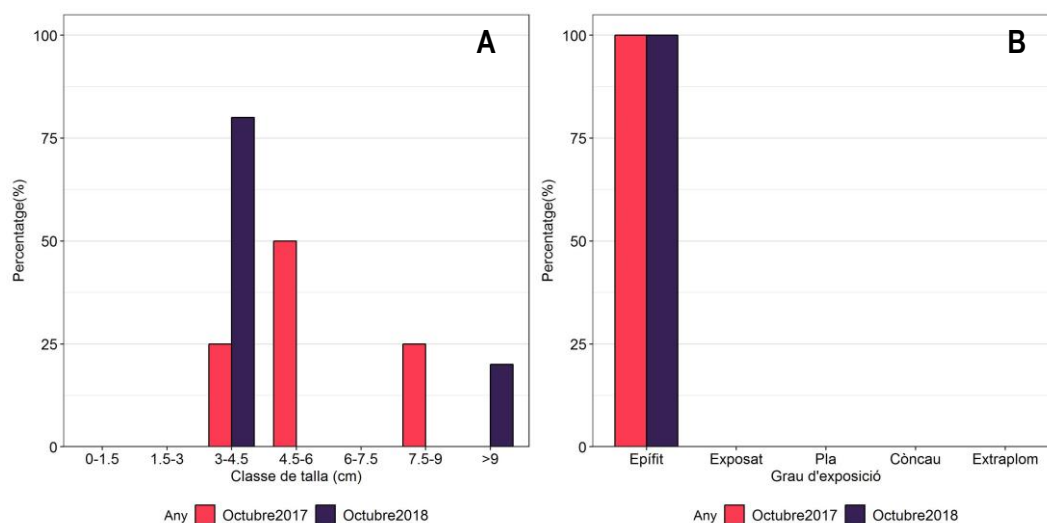


Figura 17. Estació de Tascó Gros: A) Estructura de talles (alçada) i B) Grau d'exposició de *Pentapora fascialis*, diferenciant els dos períodes de mostreig.

b) *Myriapora truncata*

La densitat de *M. truncata* a l'estació de Tascó Gros s'ha mantingut baixa durant tots els anys de mostreig, sense presentar diferències significatives entre anys; enguany només s'han trobat dues colònies en tot el transsecte (Figura 10, Taula 3). Aquestes dues colònies mesuraven entre 1 i 3 cm i es trobaven en les posicions plana i epífita.

Freu

a) *Pentapora fascialis*

L'estació del Freu és una de les que presenta una densitat de colònies de *P. fascialis* més elevada (poc més de 3 colònies/m²), juntament amb l'estació de Cap Castell. Enguany s'han observat diferències significatives entre l'octubre i el juliol d'aquest mateix any: la densitat de colònies ha disminuït considerablement. Tot i això, si es compara la densitat d'aquest octubre amb la de l'octubre de l'any anterior, la densitat s'ha mantingut pràcticament igual, sense mostrar diferències significatives (Figura 7, Taula 2).

L'estructura de talles d'aquesta població mostra un baix nombre de colònies petites (0-1.5 cm). La majoria de colònies es troben a la mida d'entre 4.5 i 6 cm. A més a més, es pot observar un augment de colònies de mida gran (>9 cm) respecte l'any 2017 (Figura 18A).

Pel que fa al grau d'exposició trobem la majoria de colònies en posició epífita i plana, i només un petit nombre es troben en posició exposada (Figura 18B).

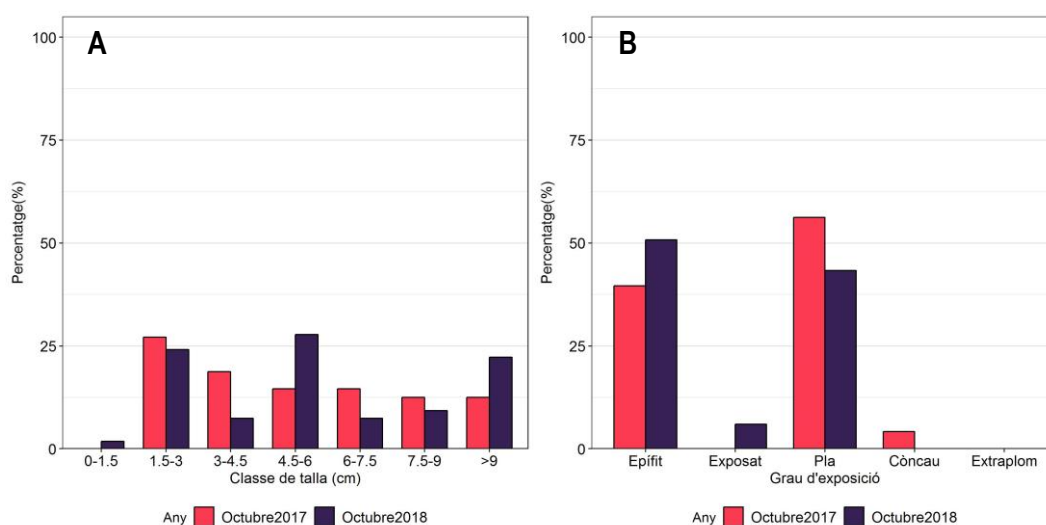


Figura 18. Estació de Freu: A) Estructura de talles (alçada) i B) Grau d'exposició de *Pentapora fascialis*, diferenciant els dos períodes de mostreig.

b) *Myriapora truncata*

Cap dels anys que s'ha dut a terme el mostreig s'ha trobat cap colònia de *M. truncata* a l'estació del Freu (Figura 10).

Cap Castell

a) *Pentapora fascialis*

L'estació de Cap Castell és la que presenta una densitat de *P. fascialis* més elevada, tot i que no s'han trobat diferències significatives entre els octubres de 2017 i 2018. No obstant, sí que s'han trobat diferències significatives en comparació amb el mostreig del juliol del 2018 (s'ha passat de tenir 10 colònies/m² al juliol a 5 colònies/m² a l'octubre) (Figura 7, Taula 2).

En quant a l'estructura de talles, s'observa que la majoria de colònies són de talles mitjanes, des de 3 cm a 7.5. A més a més, veiem un baix nombre de colònies petites (0-1.5 cm), i presències de colònies de mida gran (>9 cm) (Figura 19A).

La majoria de colònies s'han trobat en posició plana, igual que el 2017. Enguany han desaparegut totes les colònies que es trobaven en posició exposada i han aparegut algunes colònies en posició còncava. A més a més han disminuït les que es trobaven epífites (Figura 19B).

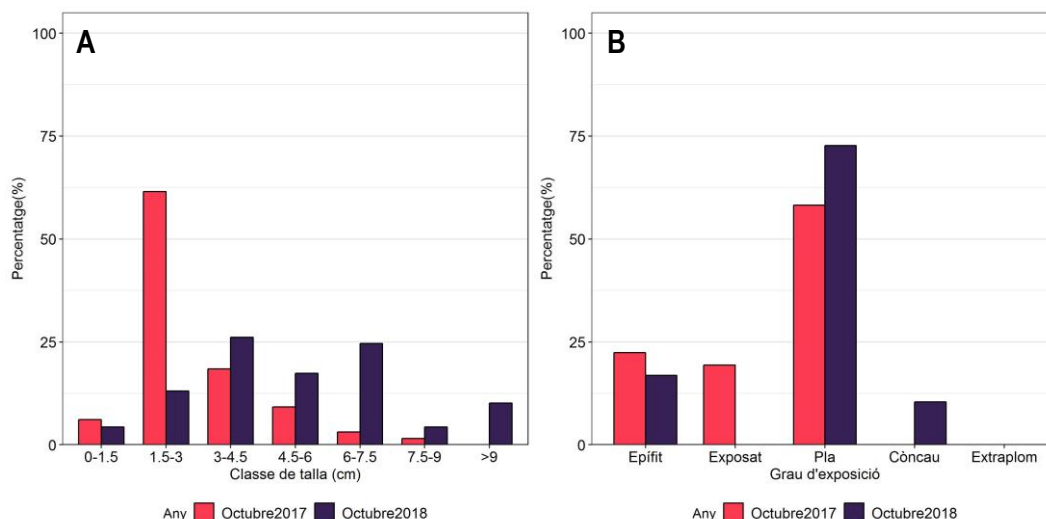


Figura 19. Estació de Cap Castell: A) Estructura de talles (alçada) i B) Grau d'exposició de *Pentapora fascialis*, diferenciant els dos períodes de mostreig.

b) *Myriapora truncata*

Igual que passa amb *P. fascialis*, Cap Castell és l'estació que més densitat de *M. truncata* presenta (4 colònies/m² a l'octubre del 2018). La densitat ha disminuït lleugerament respecte l'octubre del 2017 i ha augmentat respecte el juliol d'enguany, però no presenta diferències en cap dels dos casos (Figura 10, Taula 3).

L'estructura de talles mostra una forta disminució de colònies de mida petita respecte l'any 2017. La majoria de colònies es concentren en mides mitjanes (2-3 cm). S'observa com les colònies de mida més gran (>7 cm) que hi havia l'any anterior, aquest any han desaparegut (Figura 20A).

Pel que fa al grau d'exposició, la majoria de colònies es troben en posició plana, augmentant respecte l'any anterior. També trobem colònies en posició còncava i d'extraplòm, però en menor quantitat respecte la posició plana i respecte el 2017 (Figura 20B).

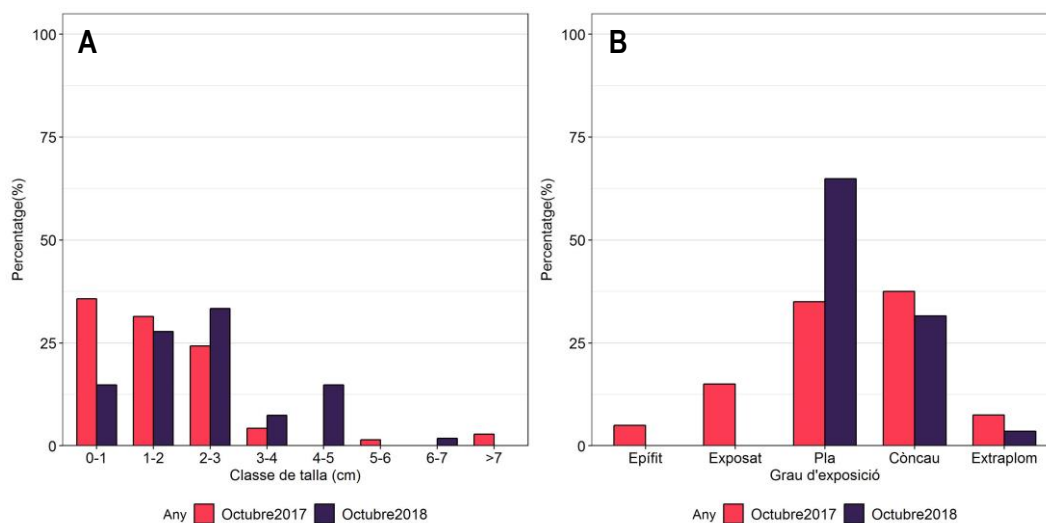


Figura 20. Estació de Cap Castell: A) Estructura de talles (alçada) i B) Grau d'exposició de *Myriapora truncata*, diferenciant els dos períodes de mostreig.

Paieta

a) *Pentapora fascialis*

Enguany només s'ha trobat una colònia de *P. fascialis* a l'estació de la Paieta; la densitat d'aquesta espècie sempre ha sigut baixa en aquesta estació (Figura 7). Aquesta colònia mesurava entre 0 i 1.5 cm i es trobava en posició plana.

b) *Myriapora truncata*

Enguany la densitat de *M. truncata* a l'estació de Paieta ha disminuït considerablement respecte el 2017, passant de tenir 6 colònies/m² a tenir-ne 2; tot i això, estadísticament no s'han trobat diferències significatives (Figura 10, Taula 3).

L'estructura de talles mostra com la majoria de colònies es troben concentrades en talles petites i mitjanes (d'entre 1 i 4 cm). Hi ha presència d'algunes colònies petites (0-1 cm) encara que menys que l'any passat, i absència de colònies de mida gran (>7 cm) (Figura 21A).

La majoria de colònies es troben en posició plana, igual que l'any anterior encara que amb una petita disminució d'aquestes; la resta de colònies es troben repartides en les diferents posicions, amb excepció d'extraplom, que no se n'ha trobat cap (Figura 21B).

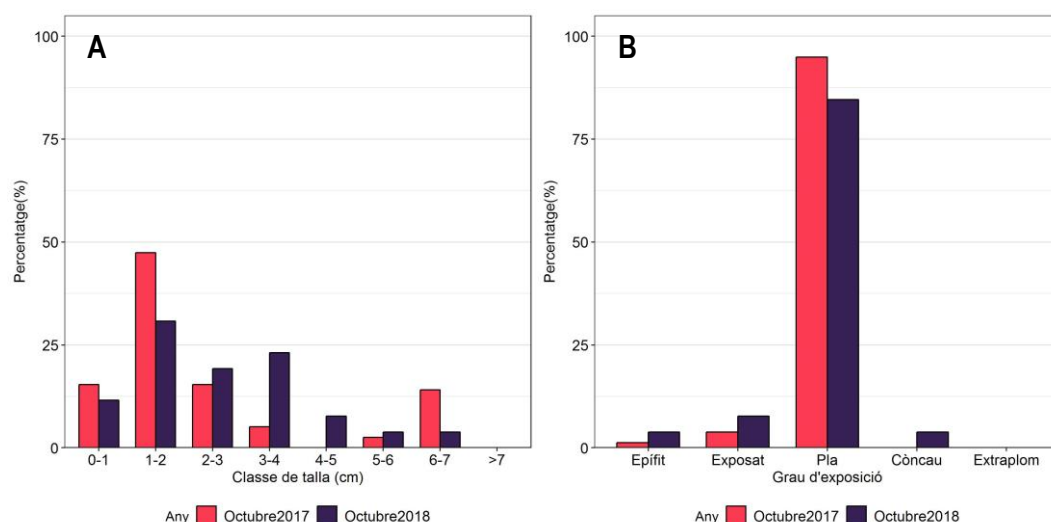


Figura 21. Estació de Paieta: A) Estructura de talles (alçada) i B) Grau d'exposició de *Myriapora truncata*, diferenciant els dos períodes de mostreig.

Punta Salines

a) Pentapora fascialis

Enguany només s'han trobat dues colònies de *P. fascialis* a l'estació de Punta Salines, igual que l'octubre del 2017 (Figura 7). Aquestes tenen una mida d'entre 1.5 i 3 cm i d'entre 3 i 4.5 cm respectivament; ambdues es troben en posició epífita.

b) Myriapora truncata

Cap dels anys mostrejats s'ha trobat cap colònia de *M. truncata* a l'estació de Punta Salines (Figura 10).

Discussió

Un any més, les poblacions de briozous monitoritzades mostren en general una densitat molt baixa en les estacions freqüentades, mentre que en les estacions de control sense submarinistes les poblacions es mantenen relativament altes i estables. No obstant, dins d'aquest patró general hi ha diversos aspectes que cal analitzar en detall.

Primer, cal comentar que a nivell metodològic en els darrers anys de seguiment hem pogut precisar millor els avantatges i també les limitacions d'aquest descriptor, i fer una selecció de les estacions en les que l'estat de les poblacions de briozous ens dona una informació més completa. L'avantatge principal d'aquest descriptor és que les espècies estudiades són a priori abundants, tenen possiblement una dinàmica de creixement més ràpida que les altres espècies monitoritzades en el seguiment, i un cicle de vida més curt. A més, són molt sensibles a l'abradió, de forma que poden donar una resposta més ràpida sobre els efectes dels bussejadors de cara a la implementació de les mesures de gestió. El patró observat en *Pentapora fascialis* comparant en termes generals les poblacions de la Reserva Marina de les Illes Medes amb les estacions de control sense busseig, ens confirmen aquest fet, ja que en totes les zones freqüentades la densitat de colònies de briozous es molt baixa, mentre que en la majoria de les zones de control les densitats són més elevades i estables.

No obstant, hem pogut constatar que aquestes espècies tenen una distribució força heterogènia. Això fa que en algunes estacions on les densitats han estat sempre molt baixes i que no teníem evidències de que aquestes espècies hi poguessin créixer en abundància, no podem discernir entre l'efecte de la freqüentació i la distribució natural d'aquestes espècies per a explicar aquestes baixes densitats. És el cas de les estacions de la Reina, Carall Bernat i Tascó Petit; és per aquest motiu que l'any anterior es va considerar que en aquestes estacions el seguiment anual d'aquest descriptor no era prioritari, i enguany no s'han monitoritzat. Tot i això serà interessant monitoritzar aquestes estacions en períodes més llargs.

A més, altres estacions en les que les poblacions també eren molt baixes, però hi ha presència de coves o gorgònies, com és el cas del Guix, la Vaca i el Dofí, hem prioritzat aquests altres descriptors.

Així doncs, hem focalitzat l'anàlisi en les estacions de les illes Medes de les que tenim constància de que aquestes espècies havien estat abundants i, per tant, podrien seguir sent-ho si no patissin cap impacte. Aquestes, juntament amb les estacions de control com a referència, ens permetran diferenciar les causes de mortalitat naturals de les derivades dels impactes.

Cal estacar queenguany es va produir un important episodi de reclutament de *Pentapora fascialis*, que es va poder observar gràcies a una campanya no programada en el seguiment durant el mes de juliol dins el marc d'una tesi doctoral que s'està duent a terme per entendre la dinàmica d'aquestes espècies i que es fonamental per extreure conclusions clares sobre els patrons observats. Durant aquesta campanya es va observar un augment de les densitats degut a l'aparició de noves colònies en la majoria de les estacions; això ens dona informació sobre la dinàmica d'aquesta espècie. Per una part, aquest pic de reclutament no havia estat observat en cap localitat des que es va començar aquest estudi el 2014, fet que ens indica que el reclutament d'aquesta espècie té una forta variabilitat interanual. A més, vàrem poder observar que entre juliol i octubre les densitats varen disminuir significativament, inclús a les estacions de control, mostrant així una mortalitat natural d'aquestes colònies durant el període d'estiu. No obstant, tot i la disminució deguda a la mortalitat natural, les densitats observades a l'octubre en les estacions de control es varen mantenir en els mateixos valors respecte l'octubre de l'any anterior, o incús varen augmentar lleugerament, com en el cas del Medallot. En resum, el que podem extreure és que el reclutament d'aquesta espècie es dona a finals de primavera i estiu, i que és molt variable en l'espai. Tot i això, desconeixem a que és deguda aquesta variabilitat.

Analitzant aquestes estacions en conjunt, i comparant les densitats en els mesos d'octubre de 2016, 2017 i 2018, tenim un patró força clar, que mostra que les estacions freqüentades mantenen unes densitat molts baixes, o inclús mantenen una tendència a la baixa respecte els dos anys anteriors. Pel contrari, les estacions de control es mantenen o incús augmenten com és el cas del Medallot.

El fet que aquestes poblacions es mantinguin en baixes densitats podria ser degut o bé a que les poblacions naturalment no poden assolir densitats més elevades, o que l'efecte de la freqüentació recurrent no permet la seva recuperació. En l'informe de l'any anterior indicàvem que un aspecte clau que hem de tenir en compte per a interpretar els resultats obtinguts, és que hem començat a estudiar l'impacte del submarinisme sobre les poblacions de briozous que ja han estat pertorbades, ja que en estudis anteriors en les mateixes zones s'havien comptabilitzat densitats molt més altes (Sala *et al.*, 1996, Garrabou *et al.*, 1998, Hereu *et al.* 2014, 2015). Així, determinant l'impacte del submarinisme sobre comunitats ja pertorbades, podem infravalorar l'efecte real d'aquesta activitat, de forma que només podem esperar observar una recuperació de les poblacions en el cas que les mesures de gestió del busseig ho permetin.

La resposta a aquesta qüestió ens la proporciona l'evolució de les poblacions de l'estació del Medallot. Aquesta havia estat una zona freqüentada fins l'any 2016, i les densitats eren molt semblants a la resta d'estacions freqüentades. A partir del 2016 aquesta zona es va tancar a tota

activitat, i enguany hem pogut observar com l'episodi de reclutament ha permès que les poblacions augmentin la seva densitat, mostrant una tendència a una recuperació, assolint valors més elevats que la resta d'estacions freqüentades. Així doncs, sembla que la baixa densitat de les estacions freqüentades és deguda a l'efecte erosiu de la freqüentació, i aquesta erosió no permet la seva recuperació, com sembla que ha passat al Medallot. Tot i això, s'haurà d'esperar uns quants anys a estar segurs d'aquest fet.

La majoria d'aquestes conclusions estan basades en l'espècie *Pentapora fascialis* que és la més abundant en totes les localitats estudiades. En canvi, l'espècie que no ens aporta una informació massa clara és *Myriapora truncata*, donat que les baixes abundàncies d'aquesta espècie en les diferents localitats estudiades és molt baixa i, per tant, no ens permet arribar a les conclusions robustes necessàries per un seguiment. Amb l'experiència de tots aquests anys es podria discutir si aquesta espècie s'ha de continuar monitoritzant o si finalment cal descartar-la perquè no segueix els criteris d'abundància necessaris en un seguiment.

Recomanacions per a la gestió

Els resultats del seguiment de les poblacions de briozous d'enguany evidencien un any més la necessitat de gestionar d'una forma més òptima el submarinisme al Parc natural del Montgrí, les Illes Medes i el baix Ter. Els resultats del nostre estudi evidencien que una correlació negativa entre els bussejadors i l'abundància de briozous en les zones freqüentades, i no hi ha evidències de recuperació en cap de les estacions freqüentades. Considerant que els briozous són indicadors de l'impacte a la resta de les comunitats, podem suposar que l'efecte dels submarinistes es produeix també en altres organismes de les comunitats bentòniques de les zones freqüentades (Sala *et al.* 1996, Garrabou *et. al.*, 1998, Hereu *et. al.*, 2014). És per això que es recomana disminuir el nombre de submarinistes en totes les estacions, fins que es tinguin evidències de una certa recuperació.

Conclusions

Enguany s'ha detectat un episodi de reclutament en censos extraordinaris realitzats al Juliol, que ens indica que aquesta espècie té una forta variabilitat interanual en l'arribada de noves colònies a la població.

Després de l'episodi de reclutament, s'ha pogut observar una forta mortalitat natural, tot i que les poblacions s'han mantingut estables en les zones de control.

En el cas del Medallot, una estació antigament freqüentada i des de 2016 no freqüentada, aquest episodi de reclutament ha permès una recuperació de les poblacions de briozous.

En totes les estacions freqüentades, l'abundància de colònies de les poblacions de briozous es mantenen molt baixes, sense cap signe de recuperació com ha succeït al Medallot.

Es recomana la disminució de la freqüentació en totes les estacions, fins que no es pugui determinar un cert grau de recuperació de les poblacions de briozous.

Donada la baixa abundància de *Myriapora truncata* que no ens permet extreure conclusions clares, es recomana que aquest seguiment únicament es centri en *Pentapora fascialis*.

Bibliografia

- Ballesteros, E. (2006). Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 44, 123-195.
- Barker, N. H., i Roberts, C. M. (2004). Scuba diver behaviour and the management of diving impacts on coral reefs. *Biological Conservation*, 120(4), 481-489.
- Coma, R., Pola, E., Ribes, M., Zabala, M. (2004). Long-term assessment of temperate octocoral mortality patterns, protected vs. unprotected areas. *Ecological Applications*, 14(5), 1466-1478.
- Davis, D., Tisdell, C. (1995). Recreational scuba-diving and carrying capacity in marine protected areas. *Ocean and Coastal Management*, 26(1), 19-40.
- Dearden, P., Theberge, M., Yasué, M. (2010). Using underwater cameras to assess the effects of snorkeler and SCUBA diver presence on coral reef fish abundance, family richness, and species composition. *Environmental Monitoring and Assessment*, 163(1-4), 531-538.
- De la Nuez-Hernández, D., Valle, C., Forcada, A., González-Correa, J.M., Fernández-Torquemada, Y. (2014). Assessing the erect bryozoan *Myriapora truncata* (Pallas, 1766) as indicator of recreational diving impact on coralligenous reef communities. *Ecological Indicators*, 46, 193-200.
- Di Franco, A., Marchini, A., Baiata, P., Milazzo, M., Chemello, R. (2009). Developing a scuba trail vulnerability index (STVI): a case study from a Mediterranean MPA. *Biodiversity and Conservation*, 18(5), 1201-1217.
- Dixon, J.A., Fallon Scura, L., Vant Hof, T. (1993). Meeting ecological and econòmic goals: marine parks in the Caribbean. *Ambio*, 22, 117-125.
- García-Charton, J. A., Herrero- Pérez, A., Esparza-Alaminos, O., Espejo-Cayuela, C., Pérez-Ruzafa, A., Marcos, C. (2005). Estudios de seguimiento de la Reserva Marina de Cabo de Palos-Islas Hormigas. *Universidad de Murcia y Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia*.
- Garrabou, J., Sala, E., Zabala, M. (1996). Impacte de la freqüentació dels escafandristes sobre les poblacions del briozou *Pentapora fascialis* a les illes Medes: Seguiment 1992-1995. *Seguiment Temporal de la Reserva Marina de les Illes Medes-I. Informe Anual. Any 1995*. p. 49-62.
- Garrabou, J., Sala, E., Arcas, A., Zabala, M. (1998). The impact of diving on rocky sublittoral communities: a case study of a bryozoan population. *Conservation Biology*, 12(2), 302-312.
- Hawkins, J. P., Roberts, C. M., Van'T Hof, T., De Meyer, K., Tratalos, J., Aldam, C. (1999). Effects of recreational scuba diving on Caribbean coral and fish communities. *Conservation Biology*, 888-89.

- Hereu, B., Aspillaga, E., Capdevila, P., Linares, C., Pagès, M. (2014). Estudi de les poblacions de briozous de la Reserva Marina de les illes Medes com a indicadors de l'efecte de la freqüentació de submarinistes sobre les comunitats bentòniques. *Informe tècnic per a la Reserva Marina de les Illes Medes*.
- Hereu, B., Pagès, M., Atienza, I., Aspillaga, E., Capdevila, P., Montero-Serra, I. (2015). Estudi de la dinàmica de la població de l'espècie de briozou *Pentapora fascialis* de la Reserva Marina de les Illes Medes. *Informe tècnic per al Parc Natural del Montgrí, les illes Medes i el Baix Ter*.
- Kruskal, W.H., Wallis, W.A. (1952) Use of Ranks in One-Criterion Variance Analysis. *Journal of American Statistical Association*, 47, 583–621.
- Linares, C., Doak, D.F. (2010). Forecasting the combined effects of disparate disturbances on the persistence of long-lived gorgonians: a case study of *Paramuricea clavata*. *Marine Ecology Progress Series*, 402, 59-68.
- Lloret, J., Marín, A., Marín-Guirao, L., Francisca Carreño, M. (2006). An alternative approach for managing scuba diving in small marine protected areas. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 16(6), 579-591.
- Luna-Pérez, B., Valle-Pérez, C., Sánchez-Lizaso, J. L. (2011). *Halocynthia papillosa* as SCUBA diving impact indicator: An in situ experiment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 398(1), 33-39.
- Pagès, M., Atienza, I., Capdevila, P., Linares, C., Mariani, S., Medrano, A., Rovira, G., Hereu, B. 2016. Estudi de les poblacions de briozous de la Reserva Marina de les illes Medes com a indicadors de l'efecte de la freqüentació de submarinistes sobre les comunitats bentòniques. *Memòria tècnica 2016*. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals.
- Parsóns, G. R., Thur, S. M. (2008). Valuing changes in the quality of coral reef ecosystems: a stated preference study of SCUBA diving in the Bonaire National Marine Park. *Environmental and Resource Economics*, 40(4), 593-608.
- Rouphael, A. B., Inglis, G. J. (2001). "Take only photographs and leave only footprints"?: An experimental study of the impacts of underwater photographers on coral reef dive sites. *Biological Conservation*, 100(3), 281-287.
- Sala, E., Garrabou, J., Zabala, M. (1996). Effects of diver frequentation on Mediterranean sublittoral populations of the bryozoan *Pentapora fascialis*. *Marine Biology*, 126(3), 451-459.
- Tratalos, J. A., Austin, T. J. (2001). Impacts of recreational SCUBA diving on coral communities of the Caribbean island of Grand Cayman. *Biological Conservation*, 102(1), 67-75.
- Zakai, D., Chadwick-Furman, N. E. (2002). Impacts of intensive recreational diving on reef corals at Eilat, northern Red Sea. *Biological Conservation*, 105(2), 179-187.

Seguiment de les poblacions de gorgònia vermella de la Reserva Marina de les Illes Medes com a indicadors de l'efecte de la freqüentació de submarinistes sobre les comunitats bentòniques

Cristina Linares, Graciela Rovira, Eneko Aspillaga, Alba Medrano, Marta Pagès, Pol Capdevila, Bernat Hereu

- L'increment de les colònies amb signes de mortalitat durant els tres darrers anys de seguiment on s'acumulen l'impacte de les mortalitats antigues i la mortalitat observada aquest any posa de manifest els greus impactes del canvi climàtic a Illes Medes.
- En general, l'estat de conservació de la majoria de poblacions estudiades ens indica que cal aplicar un principi de precaució i intentar reduir la freqüentació de submarinistes en totes les estacions, es urgent fer-ho al Tascó Gros.
- En concret les poblacions que mereixen una especial atenció degut al gran percentatge d'afectació són Tascó Gros seguit del Guix, Carall Bernat, Pedra de Déu i Tascó Petit.

Aquest capítol ha de ser citat com:

Linares, C., Rovira, G., Aspillaga, E., Medrano, A., Pagès, M., Capdevila, P., Hereu, B. (2018). Seguiment de les poblacions de gorgònia vermella de la Reserva Marina de les Illes Medes com a indicadors de l'efecte de la freqüentació de submarinistes sobre les comunitats bentòniques. *Seguiment anual de briozous, gorgònia vermella i coves a la Reserva Natural Parcial Marina de les Medes del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Memòria tècnica 2018*. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals. pp. 33–50.

Introducció

La gorgònia vermella *Paramuricea clavata* és una espècie molt característica dels fons rocosos de la Mediterrània (Figura 1). La seva forma arborescent genera una estructura tridimensional que serveix de substrat i refugi per a moltes espècies associades, desenvolupant així comunitats molt complexes amb una elevada biodiversitat, presents sobretot a l'estatge infralitoral i circalitoral de les aigües Mediterrànies (Ballesteros 2006, Casas *et al.* 2015). Aquest elevat valor ecològic també ve acompanyat d'un alt valor paisatgístic, que representa un reclam turístic molt important.

Aquesta espècie presenta una dinàmica poblacional molt lenta, el que fa que sigui especialment vulnerable a pertorbacions. Aquesta dinàmica ve donada per la longevitat de les colònies (fins a més de cent anys), per les taxes de creixement somàtic baixes (per sota d'un centímetre a l'any), una maduresa reproductiva tardana i taxes de reclutament molt baixes (Coma *et al.* 1995a,b, Linares *et al.* 2007). Tanmateix, això implica que a aquests organismes els costi recuperar-se després d'esdeveniments de mortalitat, fet que és especialment rellevant donada la seva elevada sensibilitat a l'augment de temperatura que s'està registrant al Mar Mediterrani durant les darreres dècades (Coma *et al.* 2009). De fet, durant períodes anteriors on es varen detectar màxims històrics de temperatures, com el 1999 o el 2003, es varen observar mortalitats molt elevades d'aquests organismes (Cerrano *et al.* 2000, Linares *et al.* 2005, Garrabou *et al.* 2009), que han estat recurrents i que han arribat a afectar als Parcs Marins de Catalunya durant els últimes dos anys, fet que no havia passat fins ara. En el context actual de canvi global, les projeccions climàtiques prediuen un augment de la temperatura superficial del mar (IPCC 2013), fet que no augura un futur molt esperançador per aquesta espècie.

Una problemàtica afegida a l'increment de la temperatura del mar és la creixent presència d'activitats humanes en els ecosistemes litorals (Halpern *et al.* 2008). En el cas de la gorgònia vermella, la seva sensibilitat a pertorbacions físiques implica que es puguin veure perjudicades per les activitats recreatives que es donen en els Parcs Naturals de Catalunya, com és el cas del busseig (Linares i Doak 2010). El turisme de busseig és una de les formes més importants d'ús comercial de les àrees marines protegides de tot el món (Rouphael i Inglis 2001, Lloret *et al.* 2006, Parsóns i Thur 2008). Tanmateix, la presència repetida i intensiva de bussejadors han fet progressar una altra causa de mortalitat que no per involuntària resulta menys preocupant. A diferència de la mort per estrès tèrmic, en la qual els esquelets de les gorgònies romanen durant força temps visibles a la comunitat, la mortalitat induïda pels escafandristes produeix la desaparició immediata de tota o part de la colònia, que resulta arrabassada per la tracció o per l'excessiu pes carregat sobre ella. L'erosió involuntària produïda pels bussejadors, tot i causar un augment relativament petit de les taxes de mortalitat anual, pot arribar a comprometre la viabilitat de les poblacions a llarg termini en alguns llocs molt visitats (Linares *et al.* 2007, Linares i Doak 2010), ja que comporta una mortalitat extra que augmenta la vulnerabilitat d'aquests organismes, actualment molt amenaçats pel canvi climàtic.

Els esdeveniments de mortalitat, lligats a l'augment de la temperatura, conjuntament amb les perturbacions causades per la pressió de busseig, entre d'altres activitats humanes (com la pesca, ancoratge, etc.), poden generar efectes sinèrgics que empitjoren els impactes del canvi climàtic i comprometen la conservació de les poblacions de gorgònia vermella (Linares i Doak 2010). En aquesta línia, l'any passat es va observar una proliferació excessiva d'algues filamentoses, estretament lligada a l'augment de temperatura (Mistri i Cecchereli 1996, Schiaparelli *et al.* 2007) i que va tenir un efecte molt important en els nostres parcs (Hereu *et al.* 2017). Aquestes algues són arrossegades per les corrents i es poden quedar atrapades en les ramificacions de les gorgònies, on poden seguir creixent, generant una pel·lícula que ofega a aquests organismes, amb la conseqüent aparició de teixit necrosat. Tant els efectes directes (augment de la temperatura) com indirectes (proliferació d'algues mucilaginoses) del canvi climàtic resulten difícils de gestionar a petita escala. En canvi, la reducció de la mortalitat derivada de les activitats recreatives, com el busseig, en aquelles zones més afectades, podria permetre a aquestes poblacions recuperar-se dels efectes inevitables del canvi climàtic. Tanmateix, per assolir aquesta fita resulta necessari seguir l'evolució de les poblacions gorgònia vermella per diagnosticar les zones que requereixen més protecció o mesures de gestió més directes.

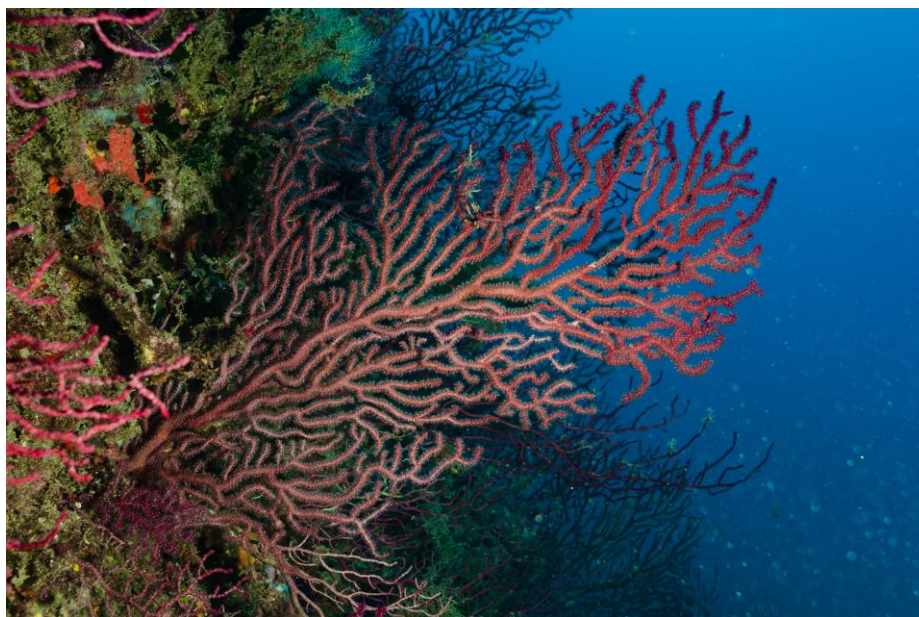


Figura 1. Imatge d'una colònia de gorgònia vermella, *Paramuricea clavata*.

Així doncs, l'objectiu d'aquest programa de seguiment és avaluar l'estat de conservació de les poblacions de la gorgònia vermella (*P. clavata*) al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Aquesta és una espècie que presenta molts atributs per fer estudis de seguiment, com la relativa facilitat amb la qual es pot censar, la seva gran mida i abundància, i la seva sensibilitat a perturbacions de diferents orígens (Linares *et al.* 2010). El seu monitoratge ens permet, per un costat, tenir un control dels efectes del canvi climàtic en aquestes espècies, a més de controlar l'impacte del busseig recreatiu en les zones d'elevada freqüentació de submarinistes.

Material i mètodes

Estacions de mostreig

Al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter, es varen monitoritzar 8 estacions amb poblacions de gorgònia vermella: 7 dins la Reserva Natural Parcial (RNP) i 1 a la Zona de Control (ZC) del Medallot (Taula 1, Figura 3).

Taula 1. Estacions de mostreig de gorgònia vermella (*Paramuricea clavata*) de l'any 2018. Grau de protecció: Zona de Control (ZC) i Reserva Natural Parcial (RNP). Les coordenades geogràfiques estan referides al fus 31N del datum ETRS89.

Parc	Prot.	Estació	Fondària (m)	Data
Medes i Montgrí	ZC	Medallot	18	2018-10-08
	RNP	Guix	24	2018-10-11
		Pedra de Déu	22	2018-10-11
		Pota del Llop	18	2018-10-12
		Vaca	15	2018-10-09
		Tascó Gros	15	2018-10-09
		Tascó Petit	22	2018-10-08
		Carall Bernat	21	2018-10-08

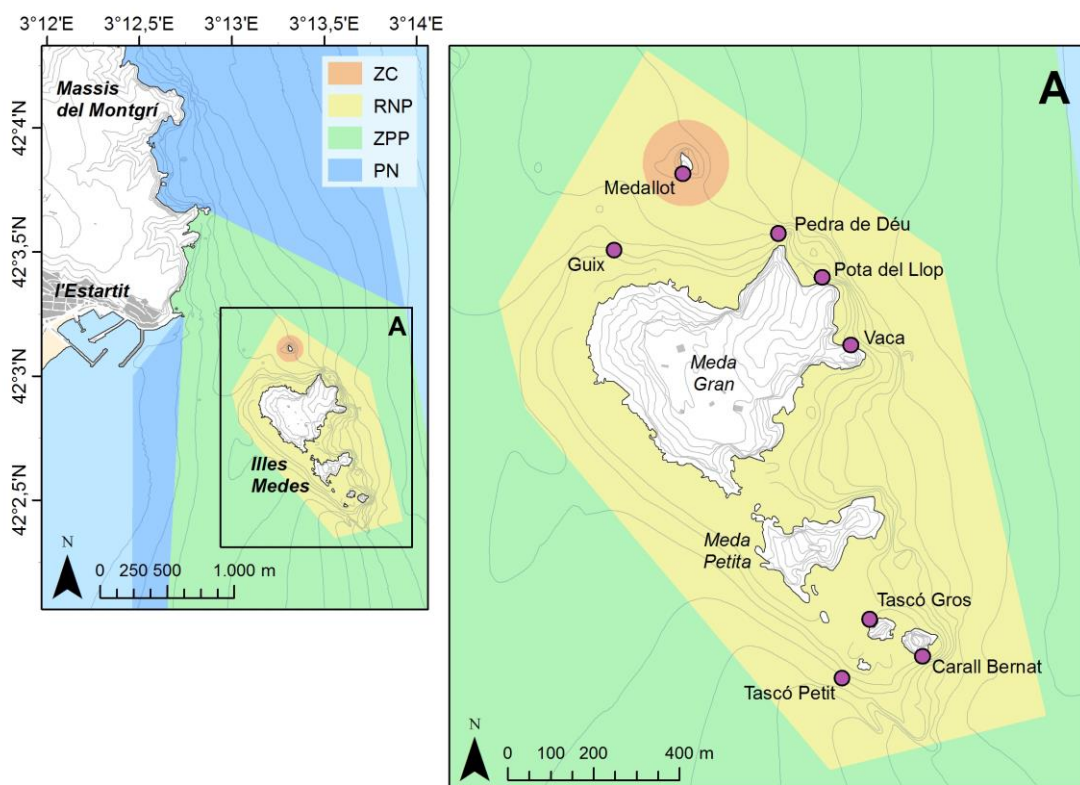


Figura 2. Mapa de les estacions de gorgònia vermella (*Paramuricea clavata*) mostrejades al Parc Natural del Montgrí, les illes Medes i Baix Ter. Grau de protecció: Zona de Control (ZC), Reserva Natural Parcial (RNP), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP), Parc Natural (PN).

Metodologia

A cada estació es varen col·locar un mínim de 30 quadrats de 50x50 cm de forma aleatòria dins de cada població. A més, es van seguir els transsectes fixes de 3 m² instal·lats anteriorment a cada estació de mostreig; cada transsecte constava de 6 quadrats de 50x50 cm. A cada quadrat es mesurava l'alçada màxima de totes les gorgònies vermelles presents, així com el percentatge i tipus de mortalitat observada (recent o antiga). Entenem per mortalitat recent (anomenada com a necrosi) aquella que es manifesta en forma de teixits nus que recentment (prop d'un parell de mesos com a màxim) han perdut el teixit viu de color violaci o groc (Figura 3A). En el cas de la mortalitat antiga (anomenada com a epibiosi), la mort dels teixits s'ha produït temps enrere, i les parts mortes queden cobertes per organismes epibionts que creixen sobre l'esquelet de les gorgònies (Figura 3B).

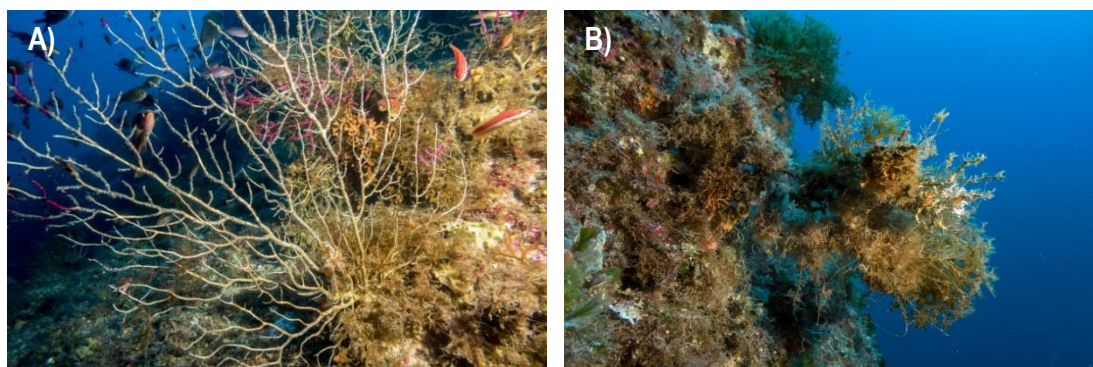


Figura 3. Exemple d'una: A) Mortalitat recent amb el teixit denudat; B) Colònia totalment epibiotada.

Les dades recollides permeten mesurar el reclutament de nous individus a les diferents poblacions, estudiar l'estructura de les classes de talla a cada estació de mostreig, i avaluar el grau de mortalitat total i parcial de les colònies que, conjuntament amb el tipus d'afectació, permet inferir les causes de mortalitat, com l'efecte de l'escalfament de l'aigua, d'algues filamentoses o dels submarinistes. Al mateix temps, s'anotava la possible presència d'espècies introduïdes (especialment *Womersleyella setacea*, però també d'altres possibles) dins de les poblacions.

Finalment, es van prendre fotografies de les zones d'estudi, de colònies de gorgònies a l'atzar i dels efectes més palesos de la mortalitat de les colònies. Aquestes fotografies serveixen com a referència per a futurs mostrejos.

Resumint, els descriptors estudiats a cada localitat són:

- **Densitat.**
- **Estructura de talles en alçada (cm)** a partir de les mides individuals de les colònies. Les classes de mida emprades són en intervals de 10 cm, com les descrites per Linares i Doak (2010).
- **Grau de necrosi:** percentatge (%) mitjà de teixit denudat.

- **Grau d'epibiosi:** percentatge (%) mitjà de teixit epibiotat (teixit cobert d'organismes epibionts).
- **Percentatge de colònies afectades** per algun tipus de mortalitat (parcial i total), considerades com afectades aquelles que presenten >10% de superfície afectada per necrosi o epibiosi (segons Linares *et al.* 2008) .
- **Tipus d'afectació** (si s'observa necrosi dels teixits o hi ha parts arrencades).
- **Detecció d'impactes.**
- **Reclutament de nous individus.**
- **Presència d'altres espècies vulnerables.**
- **Presències d'espècies exòtiques.**

Anàlisi de dades

Per determinar si hi havia diferències significatives entre les densitats entre els anys 2017 i 2018 mostrejats al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter, es va utilitzar el test estadístic Kruskal Wallis, el qual ens permet testar diferències sense assumir una distribució normal de les dades (Kruskal i Wallis 1952). Per determinar si existien diferències significatives entre les densitats i graus de mortalitat a les poblacions del Parc Natural del Cap de Creus es va utilitzar una ANOVA amb un test de Tukey (Tukey 1949), per tal d'agrupar aquelles poblacions amb diferències no significatives.

Resultats

Densitats

El grau de protecció no influeix en la densitat de *Paramuricea clavata* (ANOVA: $F_{1,578}=1.33$, $p\text{-valor}=0.25$). S'observa que totes les estacions presenten una densitat de més de 10 colònies/m², essent la densitat mitjana d'unes 20 colònies/m². L'estació que destaca per tenir una densitat més alta és Pedra de Déu, amb una densitat d'aproximadament unes 40 colònies/m²; per contra, la població de Carall Bernat és la que presenta una densitat més baixa, amb unes 14 colònies/m² (Figura 3). L'estació del Medallot mostra diferències significatives en la densitat al comparar enguany amb el 2017 (Taula 2).

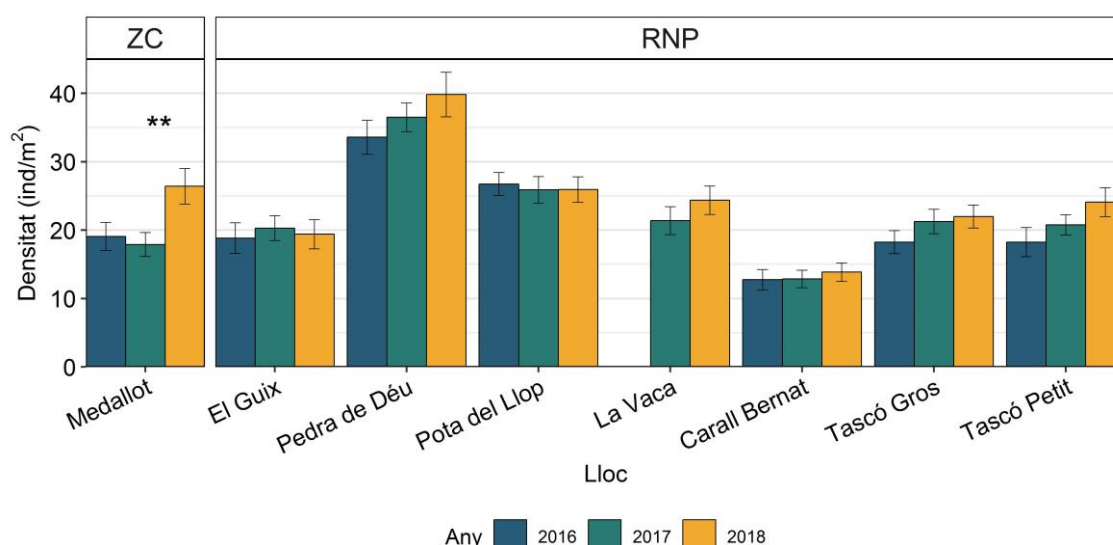


Figura 4. Densitat de colònies (mitjanes i error estàndard) a les diferents poblacions estudiades al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter als anys 2016, 2017 i 2018. Les poblacions on no hi ha gràfic de barres pel 2016 corresponen a estacions o transsectes instal·lats al 2017. A la capçalera s'indica el grau de protecció de cada lloc de mostreig; ZC: Zona de Control, RNP: Reserva Natural Parcial.

Taula 2. Resultats del test estadístic Kruskal-Wallis comparant les densitats de cada lloc entre els anys 2017 i 2018. KS és el valor del estadístic; p-valor és la significació del test. Quan el p-valor és inferior a 0,05 indica que les diferències són significatives entre anys; aquests casos s'han destacat posant els valors en negreta.

Lloc	KS	p-valor
Tascó Petit	0,68	0,41
Pedra de Déu	1,02	0,31
Pota del Llop	0,0006	0,98
La Vaca	2,76	0,10
Carall Bernat	0,30	0,58
Tascó Gros	0,30	0,59
Medallot	8,72	< 0,01
El Guix	0,10	0,75

Estructura de talles

La majoria de les poblacions de *Paramuricea clavata* de la reserva marina de les Illes Medes presenten una estructura de talles unimodal, dominada per individus de talles entre 10 i 40 cm. Les poblacions del Medallot i de Carall Bernat són les que presenten un major nombre d'individus de talles petites (de 0 a 10 cm) respecte les altres poblacions; tot i així el percentatge de colònies d'aquesta talla segueix sent petit dins la població en la majoria de localitats. D'altra banda, totes les poblacions estudiades tenen un percentatge molt baix de colònies grans (de més de 50 cm), on destaca la població de Tascó Petit, que té una proporció considerable de colònies més grans de 60 cm (Figura 5).

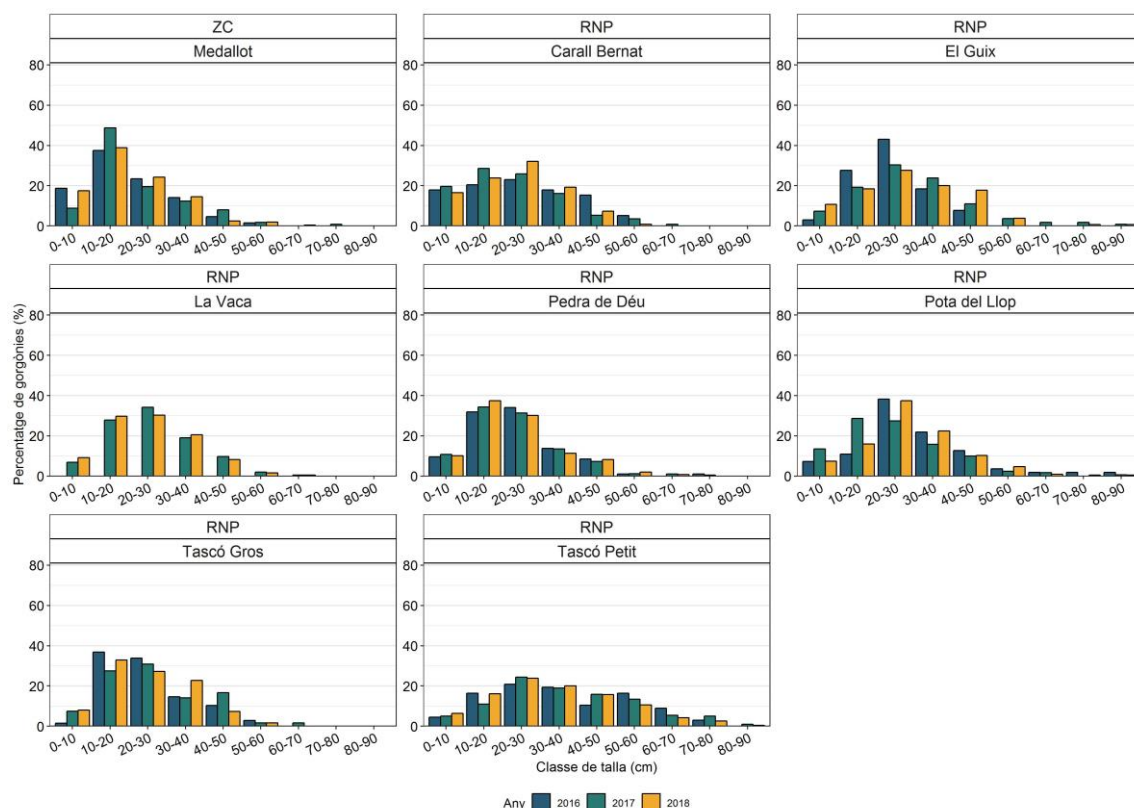


Figura 5. Estructura de talles de les diferents poblacions de *P. clavata* estudiades al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. La capçalera indica el grau de protecció: ZC: Zona de Control, RNP: Reserva Natural Parcial, PN: Parc Natural) i el nom de l'estació, mentre que el codi de colors indica l'any de mostreig.

Mortalitat

S'observa com el percentatge de colònies de *Paramuricea clavata* que presenten una afectació de més del 10% de superfície afectada augmenta any rere any en totes les estacions, excepte en el Medallot, on no hi ha hagut cap canvi durant els darrers dos anys (Figura 6). Tot i així, no en totes les estacions augmenta de manera significativa respecte el 2017, però sí en la majoria, com Pedra de Déu, la Vaca, Carall Bernat, Tascó Gros i Tascó Petit (Taula 3). Destaca l'estació de Tascó Gros, que passa de tenir un 32% de colònies afectades a un 85%.

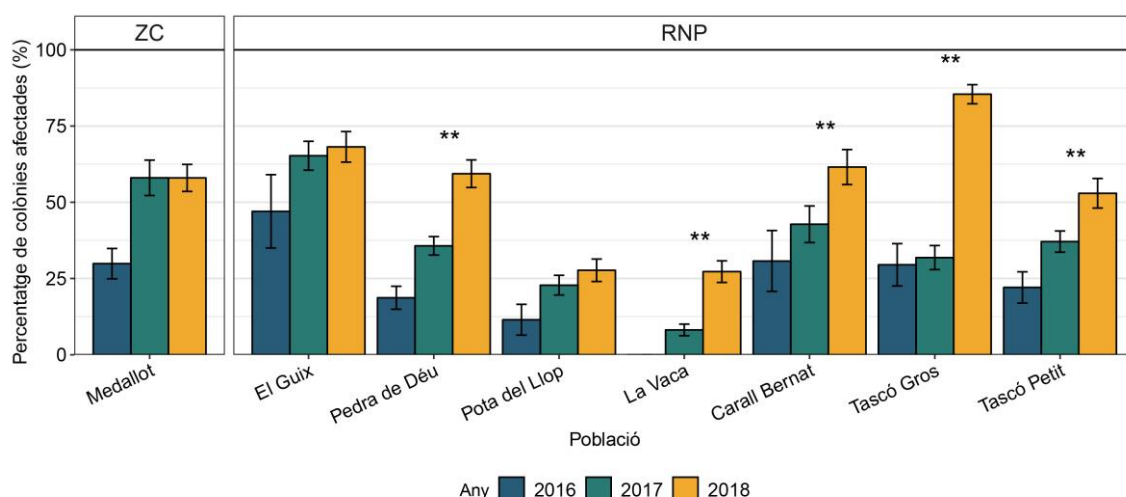


Figura 6. Percentatge de colònies amb signes de mortalitat (>10%) en les diferents poblacions estudiades al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter als anys 2016, 2017 i 2018. Les poblacions on no hi ha gràfic de barres pel 2016 corresponen a estacions o transectes instal·lats al 2017. Els valors de les barres indiquen les mitjanes i la barra d'error és l'error estàndard. Els asteriscos indiquen aquelles poblacions on s'observen diferències significatives entre anys. ZC: Zona de Control, RNP: Reserva Natural Parcial.

Taula 3. Resultats del test estadístic Kruskal-Wallis comparant el percentatge de colònies afectades per mortalitat de cada població entre els anys 2017 i 2018. KS és el valor del estadístic; p-valor és la significació del test. Els p-valors inferiors a 0.05 indiquen que les diferències són significatives entre els anys 2017 i 2018; aquests casos s'han destacat posant els valors en negreta.

Lloc	KS	p-valor
Carall Bernat	4,81	0,03
El Guix	0,22	0,63
La Vaca	19,46	< 0,01
Medallot	0,02	0,88
Pedra de Déu	15,96	< 0,01
Pota del Llop	0,84	0,36
Tascó Gros	42,97	< 0,01
Tascó Petit	5,92	0,01

La Figura 7 ens mostra com any rere any, el percentatge de colònies afectades augmenta i cada vegada queda una proporció menor de colònies sanes a totes les poblacions. Enguany, el percentatge de colònies amb signes de mortalitat antiga (epibiosi) és inferior a la de l'any passat en totes les estacions; pel contrari, el percentatge de colònies amb mortalitat recent (necrosi) i amb ambdós signes de mortalitat han augmentat molt. La població que destaca més és la del Tascó Gros, en la que només queda un 10% de colònies totalment sanes i un 50% de les colònies està afectada per necrosi. Per contra, la població de la Vaca és la que continua tenint una proporció major de colònies sanes, encara que el nombre d'aquestes (45%) segueix sent baix i ha disminuït considerablement respecte a l'any passat.

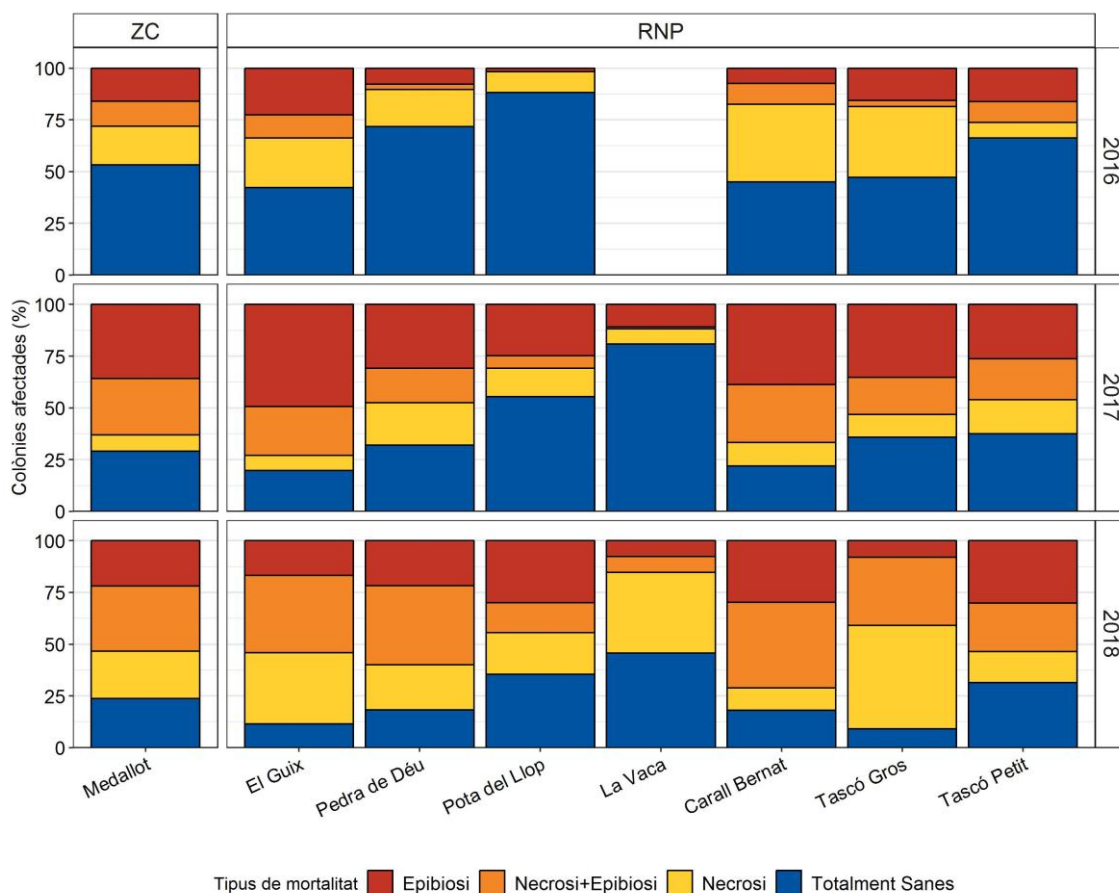


Figura 7. Percentatge de colònies afectades per mortalitat a les diferents poblacions estudiades al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter als anys 2016, 2017 i 2018. Les poblacions on hi ha gràfic de barres pel 2016 corresponen a estacions o transsectes instal·lats al 2017. Els valors de les barres indiquen el percentatge de colònies afectades segons el tipus de mortalitat: Epibiosi, Necrosi, Necrosi i Epibiosi, o Totalment Sanes. ZC: Zona de Control, RNP: Reserva Natural Parcial.

La majoria de poblacions estudiades enguany presenten un augment significatiu de la superfície morta respecte l'any anterior, arribant a quasi el 60% en la població del Tascó Gros (Figura 8). Si pensem a fixar-nos en els tipus de mortalitats, es pot observar que en el cas de l'epibiosi (mortalitat antiga), en la majoria d'estacions s'ha mantingut força estable, tot i que hi ha alguns augments (Pedra de Déu) i disminucions significatives (El Guix i Pota del Llop). Aquestes dades contrasten amb les de mortalitat recent (necrosi), la qual ha augmentat significativament en totes les estacions amb excepció del Tascó Petit. Destaca molt l'augment de la superfície afectada per necrosi a l'estació del Tascó Gros, la qual passa de ser d'un 3% el 2017 a un 46% el 2018; fent que el total de superfície afectada en aquesta estació arribi quasi al 60%.

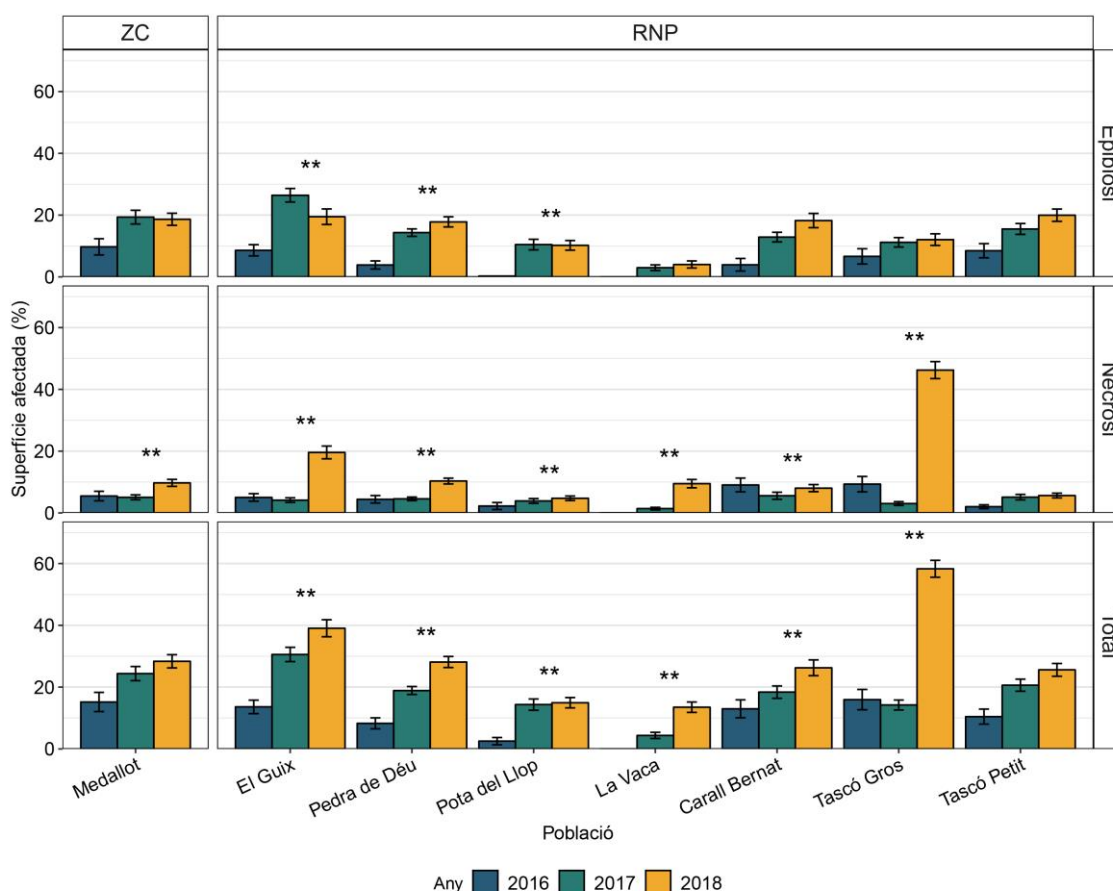


Figura 8. Percentatge de superfície afectada per colònia segons el tipus de mortalitat al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter als anys 2016, 2017 i 2018: Epibiosi (dalt), Necrosi (enmig) i el Total/suma de les dues mortalitats (a baix). Les poblacions on no hi ha gràfics de barres pel 2016 corresponen a estacions/transsectes instal·lats al 2017. Els valors representen la superfície d'afectació mitjana de cada colònia i la barra d'error i la barra d'error representa l'error estàndard. ZC: Zona de Control, RNP: Reserva Natural Parcial.

Taula 4. Resultats del test estadístic Kruskal-Wallis comparant la superfície de mortalitat de colònies afectades per mortalitat de cada població entre els anys 2017 i 2018. KS és el valor del estadístic; p-valor és la significació del test. Quan el p-valor és inferior a 0.05 indica que les diferències són significatives entre anys, aquests casos s'han destacat posant els valors en negreta.

Lloc	Epibiosi		Necrosi		Total	
	KS	p-valor	KS	p-valor	KS	p-valor
Pedra de Déu	8,61	< 0,01	54,60	< 0,01	29,36	< 0,01
Tascó Petit	2,56	0,12	0,62	0,43	3,25	0,07
Tascó Gros	1,58	0,21	176,40	< 0,01	130,72	< 0,01
Pota del Llop	5,24	0,02	9,71	< 0,01	9,04	< 0,01
Carall Bernat	2,66	0,10	6,60	0,01	6,15	0,01
La Vaca	1,33	0,25	78,28	< 0,01	56,64	< 0,01
El Guix	8,70	< 0,01	73,21	< 0,01	7,73	< 0,01
Medallot	0,57	0,45	14,48	< 0,01	2,54	0,11

Anàlisi per estació

Medallot

La densitat de colònies de *P. clavata* a la població del Medallot enguany ha augmentat significativament respecte el 2017, presentant un valor de 26 individus/m² (Figura 4, Taula 2). Aquest augment de la densitat estaria explicat per l'augment de colònies petites. Tot i que l'estructura de talles és força semblant a la de l'any anterior, presenta un major nombre de colònies petites (0-10 cm), un nombre semblant de colònies mitjanes (10-40 cm) i cert nombre de colònies grans, encara que les més grans del 2017 (70-80 cm) enguany no es troben representades (Figura 8).

El nombre de colònies afectades s'ha mantingut pràcticament igual al de l'any passat (quasi un 60% de colònies) (Figura 6, Taula 3). Únicament un 25% de les colònies estan completament sanes i la majoria presenten epibiosi i/o necrosi (Figura 7). Les colònies presentaven un 20% de superfície epibiotada i un 10% de necrosada (sent aquest últim valor significativament més elevat que el del 2017) (Figura 8, Taula 4).

El Guix

La densitat de colònies de gorgònia vermella a la població del Guix s'ha mantingut pràcticament igual als anys anteriors, amb uns 19 individus/m² (Figura 4, Taula 2). Pel que fa a l'estructura de talles, es manté pràcticament igual a l'any 2017, amb un petit augment del nombre de colònies petites (0-10 cm) i de colònies de 40-50 cm. A més a més s'observa també una petita disminució de colònies de talles grans (més de 60 cm) (Figura 5)

El nombre de colònies afectades s'ha mantingut pràcticament igual d'elevat (68%) (Figura 6, Taula 3). Un elevat nombre de colònies estaven afectades per diversos tipus de mortalitat i únicament un 10% de les colònies estaven completament sanes (Figura 7); la superfície afectada per colònia també presenta valors elevats, obtenint així una superfície epibiotada del 20% i una superfície necrosada també del 20%, valors significativament més elevats que el 2017 (Figura 8, Taula 4). De fet, és després de Tascó Petit, la població que presenta una major afectació.

Pedra de Déu

La densitat de colònies a la població de Pedra de Déu ha augmentat lleugerament respecte a l'any anterior, però no de forma significativa (40 individus/m² respecte els 36 del 2017) (Figura 4, taula 2). En quant a l'estructura de talles, aquesta es manté pràcticament amb els mateixos valors que els anys anteriors, amb valors baixos tant de les talles petites (0-10 cm) i de les talles grans (>60 cm), concentrant-se així els valors més elevats en les talles d'entre 10-30 cm (Figura 5).

El nombre de colònies afectades ha patit un augment significatiu molt elevat, passant del 36 % de colònies afectades al 59% (Figura 6, Taula 3). Un elevat nombre de colònies estaven afectades per mortalitat antiga i/o recent (60% en ambdós casos) i un 20% estaven sanes (Figura 7). En aquest cas, la superfície afectada per cada colònia no era tan elevada (un 18% de superfície epibiotada i un 10 % de superfície necrosada), encara que sí que presentava diferències significatives amb l'any anterior (Figura 7, Taula 4).

Pota del Llop

El valor de la densitat de colònies a la població de Pota del Llop es manté igual que l'any anterior (26 individus/m²) (Figura 4, Taula 2). Pel que fa a l'estructura de talles, el nombre de colònies tant de mida petita (0-10 cm) com gran (>60 cm) ha disminuït respecte el 2017, igual que les de mida d'entre 10-20 cm; per contra, el nombre de colònies de mida mitjana (20-40 cm) ha augmentat. Tot i això, es manté l'estructura de talles unimodal dominada per individus de talla mitjana (10-40 cm) (Figura 5). El percentatge de colònies afectades ha patit un lleuger augment a la població de la Pota del Llop (28% enguany); tot i això no és significatiu respecte l'any anterior (Figura 6, Taula 3). El nombre de colònies sanes representa un 30% de la població, essent dels valors més elevats observats després de la Vaca (Figura 7). Pota del Llop és de les estacions que presenta una superfície afectada de cada colònia més baixa, amb aproximadament un 5% de superfície morta per necrosi i un 10% per epibiosi (Figura 8). És juntament amb la Vaca una de les poblacions que presenta una afectació menor.

La Vaca

Enguany la densitat de colònies de *P. clavata* a l'estació de la Vaca s'ha mantingut pràcticament igual que l'any anterior (24 individus/m²) (Figura 4, Taula 2). L'estructura de talles d'aquesta població gairebé no ha variat respecte l'any anterior, seguint amb la mateixa distribució unimodal amb dominància d'individus d'entre 10-40 cm, amb una baixa densitat de talles petites (0-10 cm, encara que lleugerament superior al 2017) i de talles grans (>60 cm) (Figura 5).

El percentatge de colònies afectades ha augmentat significativament a la població de La Vaca; ha passat de tenir un 8% a un 27% de colònies entre el 2017 i 2018 (Figura 6, Taula 3). Aquesta estació és la que presenta un percentatge de colònies sanes més elevat (aproximadament un 46%) (Figura 7). Pel que fa al percentatge de superfície afectada, per epibiosi s'ha mantingut gairebé igual que l'any passat (4%) i per necrosi ha patit un augment significatiu, passant d'un 1% el 2017 a un 9% el 2018 (Figura 8, Taula 4). Tot i haver mostrat una afectació major durant el 2018 respecte a l'observada en anys anteriors continua essent la població amb un menor grau d'afectació pel canvi climàtic.

Carall Bernat

El valor de la densitat de colònies de gorgònia vermella a l'estació de Carall Bernat s'ha mantingut gairebé igual a l'any passat, amb 14 individus/m² (Figura 4, Taula 2). A l'estructura de talles es pot observar que aquesta estació és una de les que presenta un nombre de colònies petites (0-10 cm) més elevat, juntament amb el Medallot. Podem veure que és una estació amb predominança de talles mitjanes i petites, i que el nombre de colònies comença a disminuir a partir de la talla d'uns 50 cm (Figura 5).

El percentatge de colònies afectades a l'estació de Carall Bernat ha augmentat significativament, passant d'un 43% el 2017 a un 61% enguany (Figura 6, Taula 3). De totes les colònies, únicament un 20% son colònies completament sanes (Figura 7). El percentatge de superfície afectada per epibiosi ha patit un lleuger augment no significatiu (18% enguany), però sí que ho ha estat l'augment de superfície morta per necrosi (8%), encara que són xifres força baixes en comparació amb altres estacions (Figura 8, Taula 4).

Tascó Gros

La densitat de colònies de *P. clavata* a l'estació de Tascó Gros s'ha mantingut igual que l'any 2017, amb 22 individus/m² (Figura 4, Taula 2). L'estructura de talles mostra un baix percentatge de colònies de mida petita (0-10 cm), així com de colònies grans (>60 cm). S'observa un augment considerable de colònies d'entre 30-40 cm i una disminució de colònies de 50-60 cm respecte l'any anterior. La majoria de colònies de la població es troben a les talles mitjanes (10-40 cm) (Figura 5).

Aquesta estació ha estat la que ha patit un major augment de la mortalitat en tots els sentits. Pel que fa al percentatge de colònies afectades, ha passat del 32% al 85% aquest any, per tant, la diferència és significativament més gran (Figura 6, Taula 3). A més a més, és l'estació amb menys colònies sanes, amb tant sols un 9% d'aquestes; un 40% de les colònies presentaven signes de mortalitat recent (necrosi) (Figura 7). Pel que fa al percentatge de superfície afectada, el grau d'epibiosi pràcticament es manté respecte el 2017 (12%), però destaca l'augment significatiu de la superfície necrosada, passant d'un 3% l'any anterior a un 46% enguany (Figura 8, taula 4). És l'estació que ha patit una major afectació durant aquest any amb molta diferència respecte a la resta, fet que l'ha situat en la població més afectada de totes les que trobem a les Illes Medes.

Tascó Petit

La densitat de colònies de gorgònia vermella a l'estació de Tascó Petit ha augmentat lleugerament, encara que no significativament, respecte l'any 2017 (24 individus/m² enguany) (Figura 4). Pel que fa a l'estructura de talles, aquesta estació és la que mostra un percentatge de colònies de talles grans (>60 cm) més elevat. En quant a talles petites (0-10 cm), el nombre de colònies es manté baix, com a la resta d'estacions. La majoria de colònies presenten talles d'entre 10-40 cm (Figura 5).

El percentatge de colònies afectades ha augmentat significativament respecte l'any anterior (passant d'un 37% a un 53% aquesta any) (Figura 6, Taula 3). De totes les colònies, un 53% presentaven signes de mortalitat antiga (epibiosi) i/o un 38% de mortalitat recent (necrosi) (Figura 6). Pel que fa al percentatge de superfície afectada, el Tascó Petit és la única estació que no ha patit un augment significatiu d'aquesta; presenta un 20% de superfície epibiotada i tant sols un 6% de superfície necrosada (Figura 7, Taula 4).

Discussió

Els resultats del seguiment de gorgònies d'enguany ens han permès constatar que un cop més des de l'any 2016 les poblacions de *Paramuricea clavata* al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter, han patit una elevada mortalitat, tant per l'afectació passada com per la d'aquest any. A continuació es discuteix la informació aportada per cadascun dels paràmetres avaluats, així com les dades concretes obtingudes en les diferents localitats.

Les densitats al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter es mantenen bastant constants, situant-se entre 10 i 30 colònies/m², valors molt semblants a les que es troben en altres localitats de la Mediterrània (Linares *et al.* 2005, 2008, Gori *et al.* 2011). Les població amb una major densitat és la de Pedra de Déu, mentre que el Medallot és la població on s'observa un augment més significatiu de la densitat, degut a un èxitós reclutament com s'observa en l'estructura de talles.

L'estructura de talles de les diferents poblacions estudiades presenten un patró molt semblant a anys anteriors i es mantenen força constants. Com és d'esperar en les poblacions de gorgònia vermella (Linares *et al.* 2007, 2008), el reclutament s'ha mantingut escàs en totes les poblacions monitoritzades (excepte en el Medallot) i la talla central a les diferents distribucions es troba entre els 10-20 i 20-30 cm aproximadament, presentant una distribució unimodal en forma de campana. No obstant, cal destacar la població del Tascó Petit per l'elevada abundància de colònies de més de 50 cm, mentre que aquestes mides grans són pràcticament absents en la majoria de localitats estudiades. Cal remarcar la lenta però important disminució de talles grans en moltes de les poblacions estudiades. Tot i que aquesta disminució no és significativa en tots els casos, pèrdues importants de colònies grans resulten sempre preocupants, ja que aquestes són les que contribueixen més en l'esforç reproductor. Aquestes pèrdues són principalment atribuïbles a impactes locals, com el busseig, però en aquest cas poden també ser per conseqüència dels impactes diferits del canvi climàtic, que causen la pèrdua de les parts afectades, disminuint progressivament la talla de les colònies. Tot i que per ara no s'ha observat una disminució destacable de la densitat en cap de les localitats estudiades, és important tenir en compte que les gorgònies amb percentatges d'afectació majors als 50% probablement acabaran morint després d'uns anys, tal com s'ha vist, per exemple, en el seguiment a llarg termini de les poblacions al Parc Nacional de Port-Cros (França) (Linares *et al.* 2005). Per tant, és esperable una disminució

important en la densitat d'aquestes poblacions en els propers anys, sobretot si es veuen afectades per altres perturbacions o per temperatures inusualment elevades. Aquest efecte haurà de ser avaluat durant l'últim any de seguiment, per tal de poder discernir correctament si aquesta pèrdua de colònies grans es atribuïble al canvi climàtic o altres impactes com el busseig .

Enguany també s'ha observat un increment significatiu del nombre de colònies afectades per mortalitat parcial (>10% de teixit afectat), assolint valors significativament superiors en les poblacions de Pedra de Déu, La Vaca, Carall Bernat, Tascó Gros i Tascó Petit. Cal destacar que el percentatge de colònies sanes, sense cap tipus d'afectació es situa al voltant del 20% (essent la població de La Vaca i després Pota del Llop i Tascó Petit les que presenten uns valors més elevats). Aquests valors són molt baixos si es té en compte que el percentatge de colònies sanes en poblacions en bon estat de conservació es situa al voltant del 60-70% (Linares et al 2008). Totes les poblacions de les illes Medes presenten uns valors de mortalitat parcial més elevats que l'any anterior. En algunes poblacions, aquest increment es degut al increment de l'epibiosi, corresponent a mortalitats d'anys passats, com en el cas de Carall Bernat, Tascó Petit i Pedra de Déu. En altres poblacions, aquest increment es degut a un increment de la necrosi, mortalitat recent atribuïda a las condicions tèrmiques d'aquest any, com en el cas del Medallot, El Guix, Pedra de Déu (que té un augment dels dos tipus de mortalitat), la Vaca i Tascó Gros. La població de Tascó Gros ha patit un impacte extraordinàriament elevat, que l'ha situat en la població amb el pitjor estat de conservació observat fins l'actualitat. També cal remarcar que, tot i que fins ara la Vaca presentava uns valors de necrosi i epibiosi molt per sota que la resta, propers als valors atribuïbles a mortalitats naturals (Linares et al. 2008), aquest any ha patit un impacte important i presenta un augment de mortalitat degut a la necrosi d'aquest any. Tot i així, és la població en millor estat de conservació, seguida per la de Pota del Llop.

Les mortalitats observades durant els últims tres anys de seguiment, i que estan relacionades amb esdeveniments d'anomalies tèrmiques positives (Cerrano et al. 2000, Perez et al. 2000, Linares et al. 2005) ens confirmen que el canvi climàtic es el principal impacte sobre les poblacions de gorgònia vermella al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Afortunadament, aquest any no ha hagut cap proliferació d'algues filamentoses, com *Acinetospora crinita*, que va causar un important impacte durant l'any anterior i va dificultar distingir entre la mortalitat causada per la temperatura i la causada pel recobriment d'algues filamentoses.

A nivell metodològic, és de destacar que amb el canvi de ubicació de la boia C1, l'estació del Guix queda força allunyada, de forma que el nombre de bussejadors que arriben en aquesta zona ha disminuït considerablement. Aquesta situació imposa que aquesta estació es descarti i s'hagin d'establir nous punts de control més propers en aquestes boies (ja sigui de gorgònies o altres indicadors).

Els resultats obtinguts mostren un elevat nombre de colònies afectades per algun tipus de mortalitat, que s'està repetint durant els darrers tres anys de seguiment. Com ja s'ha esmentat abans, el grau d'afectació és el paràmetre que ens indica en quina mesura les poblacions han patit en el passat o en el present impactes que han afectat a la població. En els primers estudis sobre les poblacions de gorgònies, el grau d'afectació era menor del 10% (Linares et al. 2008), fet que implica que aquest llinar és un bon indicador de l'estat de conservació d'aquests organismes.

Actualment no hi ha cap població en un bon estat de conservació degut a l'impacte directe del canvi climàtic, però no es pot descartar el impacte del busseig doncs pot estar emmascarat per aquestes elevades mortalitats. Per tant, convindria aplicar el criteri de precaució a l'hora de gestionar les seves poblacions, reduint al màxim les possibles fonts d'impacte, com és el busseig en totes les estacions i de manera dràstica en la població de Tascó Gros per l'elevada mortalitat observada aquest any i que ha mostrat uns nivells mai vistos en les Illes Medes.

Conclusions

L'increment de les colònies amb signes de mortalitat durant els tres darrers anys de seguiment on s'acumulen l'impacte de les mortalitats antigues i la mortalitat observada aquest any posen de manifest els greus impactes del canvi climàtic a Illes Medes.

En general, l'estat de conservació de la majoria de poblacions estudiades ens indica que cal aplicar un principi de precaució i intentar reduir la freqüentació de submarinistes en totes les estacions.

En concret les poblacions que mereixen una especial atenció degut al gran percentatge d'afectació són Tascó Gros seguit del Guix, Carall Bernat, Pedra de Déu i Tascó Petit.

Bibliografia

- Ballesteros, E. (2006). Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 44, 123-195.
- Casas, E., Teixidó, N., Garrabou, J., Cebrian, E. (2015) Structure and biodiversity of coralligenous assemblages over broad spatial and temporal scales. *Marine Biology*, 162, 901–912.
- Cerrano, C., Bavestrello, G., Bianchi, C. N., Bava, S., Morganti, C., Morri, C., Picco, P., Sara, G., Schiaparelli, S., Siccardi, A., Sponga, F. (2000). A catastrophic mass-mortality episode of gorgonians and other organisms in the Ligurian Sea (North-western Mediterranean), summer 1999. *Ecology Letters*, 3(4), 284-293.
- Coma, R., Ribes, M., Zabala, M., Gilil, J. M. (1995a). Reproduction and cycle of gonadal development in the Mediterranean gorgonian *Paramuricea clavata*. *Marine Ecology Progress Series*, 117, 173-183.
- Coma, R., Zabala, M., Gili, J. M. (1995b). Sexual reproductive effort in the Mediterranean gorgonian *Paramuricea clavata*. *Marine Ecology Progress Series*, 117(1), 185-192.
- Coma, R., Ribes, M., Serrano, E., Jiménez, E., Salat, J., Pascual, J. (2009). Global warming-enhanced stratification and mass mortality events in the Mediterranean. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(15), 6176-6181.

- Garrabou, J., Coma, R., Bensoussan, N., Bally, M., Chevaldonné, P., Cigliano, M., Cerrano, C. (2009). Mass mortality in Northwestern Mediterranean rocky benthic communities: effects of the 2003 heat wave. *Global Change Biology*, 15(5), 1090-1103
- Halpern, B. S., Walbridge, S., Selkoe, K. A., Kappel, C. V., Micheli, F., D'Agrosa, C., Bruno, J. F., Casey, K. S., Ebert, C., Fox, H. E., Fujita, R., Heinemann, D., Lenihan, H. S., Madin, E. M. P., Perry, M. T., Selig, E. R., Spalding, M., Steneck, R., Watson, R. (2008). A global map of human impact on marine ecosystems. *Science*, 319(5865), 948-952.
- Kruskal, W.H., Wallis, W.A. (1952) Use of Ranks in One-Criterion Variance Analysis. *Journal of American Statistical Association*, 47, 583-621.
- Linares, C., Coma, R., Díaz, D., Zabala, M., Hereu, B., Dantart, L. (2005). Immediate and delayed effects of a mass mortality event on gorgonian population dynamics and benthic community structure in the NW Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 305, 127-137.
- Linares, C., Doak, D. F., Coma, R., Díaz, D., Zabala, M. (2007). Life history and viability of a long-lived marine invertebrate: the octocoral *Paramuricea clavata*. *Ecology*, 88(4), 918-928.
- Linares, C., Doak, D. F. (2010). Forecasting the combined effects of disparate disturbances on the persistence of long-lived gorgonians: a case study of *Paramuricea clavata*. *Marine Ecology Progress Series*, 402, 59-68.
- Linares, C., Zabala, M., Garrabou, J., Coma, R., Díaz, D., Hereu, B., Dantart, L. (2010). Assessing the impact of diving in coralligenous communities: the usefulness of demographic studies of red gorgonian populations. *Scientific Reports Port-Cros Natl Park*, 24, 161-184.
- Mistri, M., Ceccherelli, V. U. (1996) Effects of a mucilage event on the Mediterranean gorgonian *Paramuricea clavata*. Short term impacts at the population and colony levels. *Italian Journal of Zoology*, 63, 221-230.
- Lloret, J., Marin, A., Marin-Guirao, L., Carreño, M. F. (2006). An alternative approach for managing scuba diving in small marine protected areas. *Aquatic conservation*, 16(6), 579-592.
- Parsóns, G. R., Thur, S. M. (2008). Valuing changes in the quality of coral reef ecosystems: a stated preference study of SCUBA diving in the Bonaire National Marine Park. *Environmental and Resource Economics*, 40(4), 593-608.
- Rouphael, A. B., Inglis, G. J. (2001). Take only photographs and leave only footprints: An experimental study on the impacts of underwater photographers on coral reef dive sites. *Biological Conservation*, 100, 281-287.
- Schiaparelli, S., Castellano, M., Povero, P., Sartoni, G., Cattaneo-Vietti, R. (2007). A benthic mucilage event in North-Western Mediterranean Sea and its possible relationships with the summer 2003 European heatwave: short term effects on littoral rocky assemblages. *Marine Ecology an Evolutionary Perspective*, 28, 341-353.
- Tukey, J. (1949). Comparing Individual Means in the Analysis of Variance. *Biometrics*, 5(2), 99-114.

Seguiment de les comunitats de coves submarines de la Reserva Marina de les Illes Medes com a indicadors de l'efecte de la freqüentació de submarinistes sobre les comunitats bentòniques

Eneko Aspillaga, Graciela Rovira, Pol Capdevila, Núria Margarit, Bernat Hereu

- Les cambres d'aire al sostre de les coves presenten una gran persistència i una baixa variació interanual.
- Les comunitats del fons de les coves presenten un aspecte generalment denudat, sense presència de organismes erectes i amb un elevat grau de sedimentació.
- A una de les coves s'ha observat una elevada mortalitat de corall vermell, fet que indica que aquestes comunitats són també susceptibles als efectes del canvi climàtic.

- Degut a la lenta dinàmica d'aquestes comunitats, la recuperació de les zones afectades és molt improbable a curt i mitjà termini mantenint el nombre d'immersions actual.
- Remarquem la necessitat de mantenir una sèrie de fotografies a llarg termini per a poder avaluar els canvis de les comunitats en resposta a possibles impactes o canvis de gestió en el futur.

Aquest capítol ha de ser citat com:

Aspillaga, E., Rovira, G., Capdevila, P., Margarit, N., Hereu, B. (2018). Seguiment de les comunitats de coves submarines de la Reserva Marina de les Illes Medes com a indicadors de l'efecte de la freqüentació de submarinistes sobre les comunitats bentòniques. *Seguiment anual de briozous, gorgònia vermella i coves submarines a la Reserva Natural Parcial Marina de les Medes del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Memòria tècnica 2018*. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural. pp. 51–62.

Introducció

Les coves i els túnels submergits de l'infralitoral i el circalitoral alberguen comunitats d'una gran singularitat, que es troben entre les més diverses i fràgils de la Mediterrània (Gerovasileiou i Voultsiadou 2012). Aquests hàbitats representen indrets especials des del punt de vista faunístic i ecològic, ja que són espais més o menys tancats i amb règims de llum de diferents intensitats, però sempre baixos en comparació amb els de les comunitats externes a la mateixa profunditat. La fauna que hi trobem està especialitzada a aquesta baixa intensitat lumínica, i també a les condicions d'hidrodinamisme i sedimentació i a possibles variacions de salinitat que poden derivar de la presència d'entrades d'aigua dolça. Totes aquestes característiques permeten el desenvolupament de comunitats molt peculiars, dominades per invertebrats (majoritàriament esponges i cnidaris) amb dinàmiques demogràfiques que poden ser molt lentes (baix creixement, alta longevitat), i per tant, molt sensibles a pertorbacions. La fauna de les coves submergides de la Mediterrània comparteix molt elements amb la de les comunitats del circalitoral i el coral·ligen, exceptuant la major part de les algues coral·lines incrustants que caracteritzen i creen les estructures pròpies d'aquestes comunitats profundes, però que no solen ser abundants a les coves. Les comunitats de coves també compten amb espècies relictas cavernícoles, adaptades als ambients estables i aïllats característics d'aquests sistemes. A més, el grau d'especialització de les espècies, grups taxonòmics i grups funcionals, augmenta a mesura que ens endinsem a les coves.

Malgrat que les comunitats de coves estan protegides per la Directiva Europea d'Hàbitats (92/43/EEC), les distribucions espacials i temporals dels seus conjunts faunístics han estat poc estudiades (Bussotti *et al.* 2006, Di Franco *et al.* 2010), així com els principals impactes que poden patir aquestes comunitats (Garrabou i Harmelin 2002, Di Franco *et al.* 2010). Una de les principals pertorbacions en aquests ambients és deguda a la freqüentació de submarinistes (Lloret *et al.* 2006), que tenen predilecció per aquests tipus d'enclavaments i on, a més, tenen una major probabilitat de contacte amb els organismes (Di Franco *et al.* 2009). Els escafandristes poden causar pertorbacions a través d'impactes directes, com el contacte i destrucció directa dels organismes, o indirectes, a través de la resuspensió de sediments (Di Franco *et al.* 2010). Per aquests motius, la presència de bussejadors pot causar un decreixement de l'heterogeneïtat espacial i la disminució d'estructures tridimensionals d'alt valor estructural en la biocenosi de les coves (Guarnieri *et al.* 2012). A més, la seva presència pot afectar el comportament de certes espècies (Hawkins *et al.* 1999) i també generar bombolles d'aire que queden atrapades en els sostres de les coves (Milazzo *et al.* 2002). Aquestes últimes impossibiliten l'assentament o desenvolupament d'organismes allà on l'aire queda atrapat, contribuint al deteriorament de les comunitats.

Els impactes del busseig en les coves de la Reserva Natural de les Illes Medes es va començar a quantificar l'any 2016. Aquestes comunitats tenen una gran representativitat al massís del Montgrí i les illes Medes, degut a la seva naturalesa calcària, i constitueixen un gran reclam pels submarinistes, que les converteixen en un dels ambients més freqüentats alhora que més fràgils

de la reserva. Així doncs, en aquests apartat del seguiment descrivim l'estat de la fauna bentònica de cinc coves freqüentment visitades per bussejadors a la zona protegida de les illes Medes. Més concretament, detallam i quantifiquem els efectes directes de la presència de bussejadors mitjançant el seguiment de les càmeres d'aire presents als sostres de les coves i els impactes sobre el fons. Addicionalment, també estem generant un catàleg d'imatges fotogràfiques de les coves estudiades per tal de tenir una referència que permeti seguir avaluant els efectes del busseig en el futur.

Material i mètodes

Disseny i estacions de mostreig

El mostreig es va dur a terme a 5 coves de la Reserva Marina de les illes Medes: la cova del Dofí, el túnel del Dofí, la cova dels Misidacis, la cova del Mal Pas i la cova de la Vaca, entre el 19 i el 28 de setembre de 2018 (Figura 1, Taula 1).

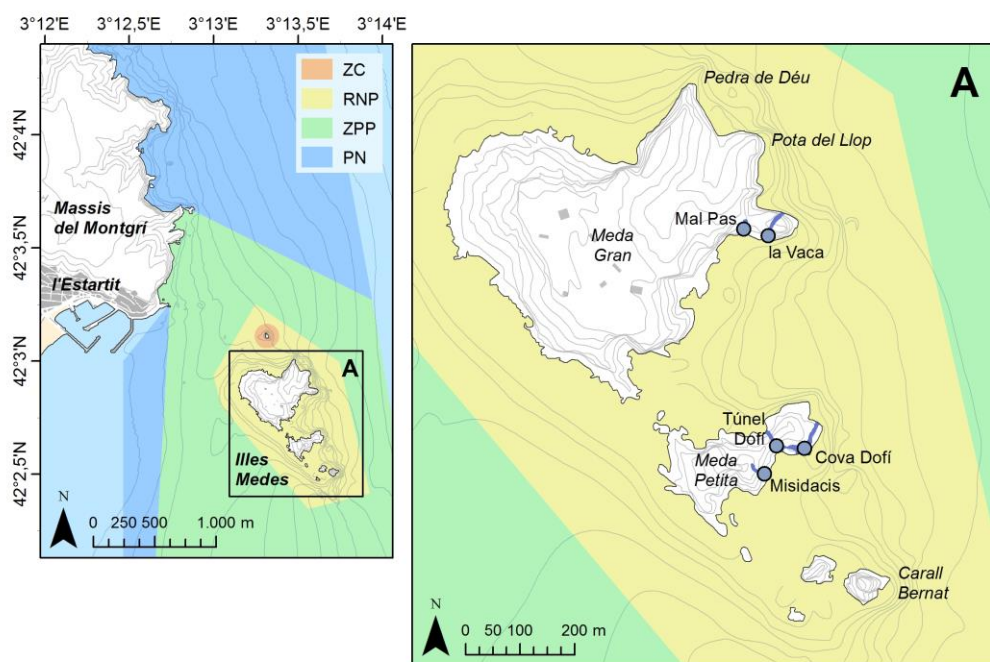


Figura 1. Mapa de les coves mostrejades al Parc Natural del Montgrí, les illes Medes i Baix Ter. Grau de protecció: Zona de Control (ZC), Reserva Natural Parcial (RNP), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP), Parc Natural (PN).

Taula 1. Relació d'estacions mostrejades per al descriptor de coves a l'any 2018.

Estació	Data
Cova del Dofí	25/09/2018
Túnel del Dofí	21/09/2018
Cova del Mal Pas	20/09/2018
Cova de la Vaca SE	19/09/2018
Cova dels Misidacis	28/09/2018

El seguiment de les comunitats de coves es realitza mitjançant transsectes fotogràfic fixes situats al sostre i el fons de cada cova. Aquests transsectes, de 10 m de llargada, es varen instal·lar a l'any 2016 mitjançant cargols de plàstic, fixats amb massilla epoxídica, col·locats a cada metre del transsecte. Durant cada mostreig, es col·loca una cinta mètrica resseguint els cargols per a marcar l'eix del transsecte, i després es fotografia tota la superfície a cada banda de la cinta mètrica (10 m² en total), utilitzant un quadre de PVC de 50x50 cm com a referència (Figura 2). Addicionalment, amb l'objectiu de tenir un registre fotogràfic detallat dels organismes i les comunitats del sostre i fons de les coves, es varen realitzar 20 fotografies a l'atzar de superfícies més petites, delimitades per un quadrat d'acer inoxidable de 25x25 cm, al voltant dels transsectes instal·lats. Aquestes últimes fotografies no seran analitzades en aquest estudi, però es classificaran i emmagatzemaran juntament amb les realitzades l'any passat, per a generar una sèrie històrica de fotografies que ens permetrà realitzar estudis del canvi de les comunitats bentòniques en el futur. Totes les fotografies d'aquest any es varen realitzar amb una càmera Nikon D7000 amb caixa estanca i dos flaixos.

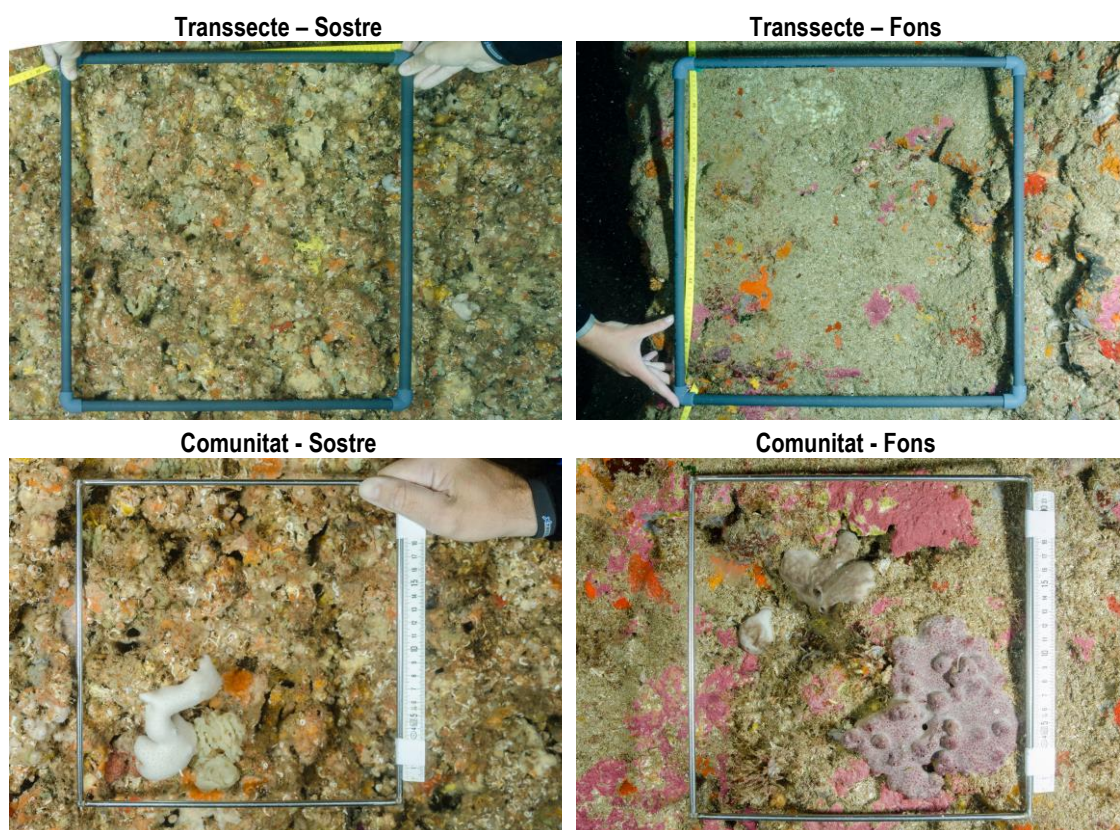


Figura 2. Exemple de fotografies dels quadrats de 50x50 cm realitzades al llarg dels transsectes, tal i com van ser analitzades en aquest estudi (dalt) i dels quadrats de 25x25 cm realitzades a l'atzar per a obtenir el registre fotogràfic de les comunitats (sota). Les fotos corresponen al sostre (esquerra) i fons (dreta) de la Cova del Dofí.

Anàlisi de imatges

Les fotografies dels transsectes als sotres es varen analitzar amb el programa Photoshop CS5 (Adobe Systems, San José, California), corregint primer la distorsió de la superfície generada per l'angle de la càmera i mesurant després les àrees afectades per l'aire exhalat pels submarinistes. Degut a la dificultat que suposa identificar totes les espècies a partir de les fotografies, es va optar per utilitzar tres mesures que indiquen el diferent grau de pertorbació causat per l'acumulació d'aire:

1. Àrea ocupada per organismes vius, sense cambres d'aire acumulat.
2. Àrea ocupada per cambres d'aire amb presència d'organismes vius. Aquesta categoria indica la formació de càmeres d'aire que poden ser alliberades en certa mesura, i que representen un cert grau de pertorbació dels organismes, tot i no ser letal a curt termini.
3. Àrea ocupada per cambres d'aire sense organismes o amb organismes morts per necrosi. Aquesta categoria indica un impacte irreversible, ja que la capacitat de recuperació dels organismes és nul·la a curt i a mig termini.

Per cada fotografia, es va calcular el percentatge de superfície de cada una de les categories en relació a la superfície fotografiada (àrea de aproximadament 0,25 m²). Amb aquestes mesures, es va calcular el percentatge mitjà i l'error estàndard corresponent a cada categoria per a cada transsecte. Aquests valors es varen comparar amb els valors obtinguts als anys 2016 i 2017 amb l'objectiu d'analitzar l'evolució temporal de les zones afectades per cambres d'aire al sostre de les coves.

Detecció d'impactes

A part de l'anàlisi de les fotografies, a cada cova es va fer una inspecció visual, tant en sotres com en parets i fons, amb la finalitat de detectar indicis de pertorbacions, com per exemple càmeres d'aire als sotres, trencament o mortalitat d'organismes bentònics, restes d'organismes trencats al fons, i restes de deixalles.

Resultats

Totes les coves presentaven, en major o menor mesura, càmeres d'aire atrapat al sostre, derivades de la respiració dels submarinistes (Figura 3). De la mateixa manera que es va fer a en anys previs (2016 i 2017), el seguiment d'aquest any s'ha centrat en calcular el percentatge de superfície afectada per aquestes cambres de aire en cada una de les coves estudiades (Taula 2).

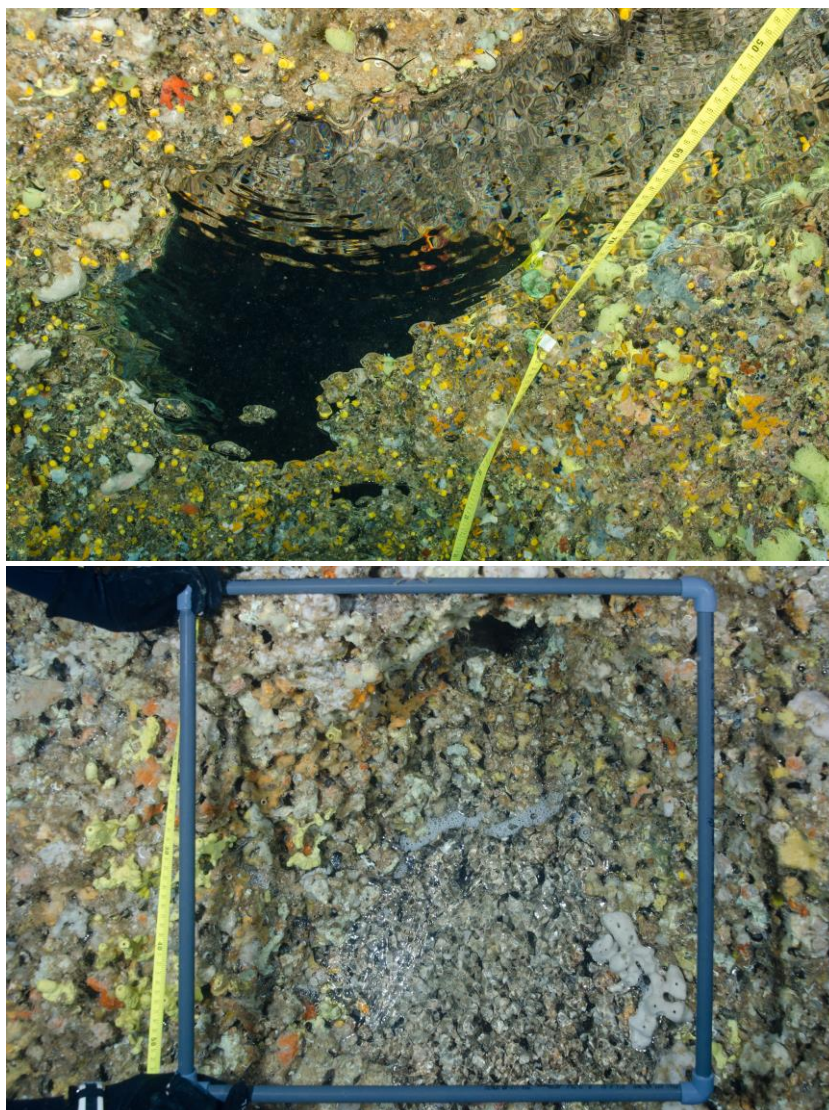


Figura 3. Fotografies de cambres d'aire emmagatzemat al sostre de les coves, fetes al transsectes de la Cova del Mal Pas (dalt) i el Túnel del Dofí (sota). Les zones més descolorides al quadre del transsecte del Túnel del Dofí (sota) corresponen a superfícies amb organismes morts o sense organismes.

Taula 2. Mitjana (\pm error estàndard) del percentatge de superfície cobert per cambres d'aire, amb fauna viva o morta, als sostres de les coves estudiades a l'any 2018. També s'especifica el nombre de fotografies (N) i les superfícies totals analitzades (Sup.)

Estació	N	Sup. (m ²)	% aire total	% aire mort	% aire viu
Cova del Dofí	40	10	1,26 \pm 0,50	0,46 \pm 0,19	0,80 \pm 0,42
Túnel del Dofí	40	10	6,29 \pm 1,62	3,22 \pm 1,07	3,07 \pm 0,99
Cova dels Misidacis	40	10	0,16 \pm 0,05	0,03 \pm 0,03	0,13 \pm 0,04
Cova de la Vaca SE	40	10	1,67 \pm 0,28	0,72 \pm 0,15	0,95 \pm 0,19
Cova del Mal Pas	39	9,75	4,29 \pm 1,66	1,22 \pm 0,46	3,07 \pm 1,28

El túnel del Dofí i la cova dels Mal Pas presenten les majors superfícies cobertes per cambres d'aire ($6,29 \pm 1,62\%$ i $4,29 \pm 1,66\%$, respectivament), que també corresponen als majors percentatges de superfície amb organismes morts ($3,22 \pm 1,07\%$ i $1,22 \pm 0,46\%$, respectivament) (Figura 3). Les coves de la Vaca, el Dofí i els Misidacis varen presentar els valors més baixos de superfície coberta per cambres d'aire ($1,67 \pm 0,28\%$, $1,26 \pm 0,50\%$ i $0,16 \pm 0,05\%$, respectivament), però el percentatge de superfície coberta per organismes morts va ser lleugerament superior a la cova de la Vaca ($0,72 \pm 0,15\%$) que a les altres dues ($0,46 \pm 0,19\%$ i $0,03 \pm 0,03\%$, respectivament) (Figura 4).

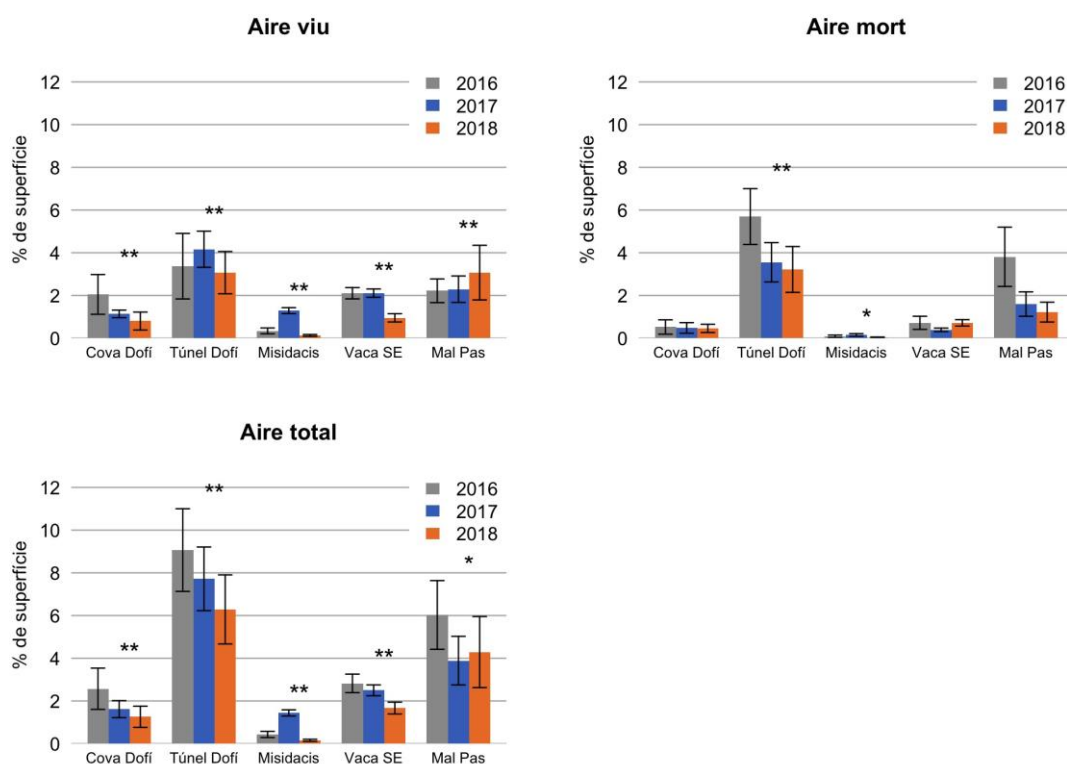


Figura 4. Mitjanes \pm error estàndard dels percentatges de superfície de sostre ocupat per cambres d'aire (amb organismes vius, amb organismes morts, i la suma dels dos), a les 5 coves estudiades durant els tres anys en els que s'ha realitzat el seguiment. Els asteriscs representen els casos en els que el test Kruskal-Wallis ha detectat diferències significatives entre les mesures d'aquest any i les de l'any passat (2017), amb p-valors inferiors a 0.05 (*) o 0.01(**).

Les cambres d'aire quantificades al sostre de les coves en el present període d'estudi no mostren cap tendència representativa respecte als períodes d'estudi previs (anys 2016 i 2017) (Figura 4). Respecte a l'any passat (2017), s'han trobat diferències significatives a totes les coves en el percentatge de superfície amb aire i organismes vius (Taula 3), encara que només representen una petita variació, sempre molt per sota de l'1% de la superfície estudiada. En quant a la superfície amb organismes morts, només s'han trobat diferències significatives a dues de les coves, el túnel del Dofí i la cova dels Misidacis (Taula 3), però en aquest cas també representen una petita variació respecte als valors de l'any passat (Figura 4).

Taula 3. Resultats del test estadístic Kruskal-Wallis comparant els percentatges de superfícies afectades per bombolles (àrees amb organismes vius, amb organismes morts i la suma dels dos) a cada cova entre els últims dos anys (2017 i 2018). KS és el valor del estadístic; D.F. són els graus de llibertat i p-valor és la significació del test. p-valors inferiors a 0.05 indiquen diferències significatives entre anys, aquests casos s'han destacat posant en negreta els valors.

Estació	Aire viu			Aire mort			Aire total		
	KS	D.F.	p-valor	KS	D.F.	p-valor	KS	D.F.	p-valor
Cova del Dofi	33,29	1	< 0.01**	0,34	1	0,562	21,86	1	< 0.01**
Túnel del Dofi	18,99	1	< 0.01**	9,39	1	< 0.01**	8,94	1	< 0.01**
Cova dels Misidacis	47,20	1	< 0.01**	5,77	1	0,016*	46,32	1	< 0.01**
Cova de la Vaca SE	23,18	1	< 0.01**	0,51	1	0,476	8,65	1	< 0.01**
Cova del Mal Pas	10,60	1	< 0.01**	0,43	1	0,510	5,53	1	0,019*



Figura 5. Fotografies de quadrats de 50x50 cm fetes als transsectes del fons de la Cova de la Vaca (dalt) i de la Cova dels Misidacis (sota).

Igual que en anys previs, el fons de totes les coves va presentar un aspecte generalment denudat, sense presència d'organismes erectes i amb un elevat grau de sedimentació (Figura 5). En totes les prospeccions visuals realitzades es varen observar parts d'organismes trencats o arrabassats al fons, sobretot corresponents a esponges, cnidaris i briozous (Figura 6). La freqüència d'organismes trencats al fons no s'ha pogut quantificar per ser relativament baixa, però demostra que en l'actualitat hi ha un cert impacte per abrasions físiques sobre les comunitats bentòniques de les coves.



Figura 6. Fragments d'organismes bentònics trencats o arrabassats trobats al fons de la Cova de la Vaca.

Finalment, aquest any també hem observat un important esdeveniment de mortalitat de corall vermell a la població de la cova dels Misidacis i la del Mal Pas. Una elevada proporció de les colònies presents al transsecte del sostre d'aquestes coves presentaven un grau de necrosi total, de les quals només quedava l'esquelet calcari sense signes de teixit viu (Figura 7). Aquesta mortalitat és molt probablement deguda al episodi de altes temperatures observat durant l'estiu d'aquest any, i que també va afectar greument a altres organismes bentònics, com per exemple la gorgònia vermella (*Paramuricea clavata*, veure capítol corresponent), de tot el Parc Natural.



Figura 7. Colònies de corall vermell afectades pel esdeveniment de mortalitat a la cova dels Misidacis. Les colònies assenyalades amb fletxes presenten una necrosi total sense signes de teixit viu.

Discussió

En aquest estudi hem tornat a visitar els transectes instal·lats l'any 2016, i hem repetit les mesures de la superfície recoberta per bombolles o cambres d'aire al sostre de les coves. Les noves dades obtingudes aquest any corroboren la baixa variació interanual de les cambres d'aire, tal i com vàrem observar l'any passat, i també demostren l'eficiència d'aquesta metodologia per a obtenir resultats consistents i repetibles per l'avaluació de l'estat de les coves submarines a la Reserva Marina de les Illes Medes.

Els resultats obtinguts enguany mostren l'efecte de les bombolles exhalades pels submarinistes sobre els sostres de les coves. Aquestes bombolles queden atrapades i s'acumulen al sostre, deixant els organismes sèssils que hi viuen exposats a l'aire. En algunes zones, tot i haver cambres d'aire, els organismes exposats encara sobreviuen, possiblement perquè es troben en llocs on aquest aire es queda retintut de manera temporal abans d'evacuar-se fora de la cova, i tenen certa resistència a aquesta pertorbació. Aquestes superfícies, recobertes per aire però amb organismes vius, són precisament les que han mostrar una major variació respecte a l'any passat, encara que en nombres absoluts segueixen sent poc extenses. Les mortalitats d'organismes es troben sobretot al centre de grans cambres d'aire, on l'aire queda retintut de manera persistent. La superfície afectada per cambres d'aire varia segons la cova, en gran part degut a l'orografia dels sostres, que permeten, en menor o major mesura, l'evacuació de l'aire exhalat pels submarinistes.

Els resultats d'enguany en quant a la distribució i recobriment de les cambres d'aire dins de les diferents coves, coincideixen amb els resultats dels anys anteriors, el que indica la gran persistència i poca variabilitat d'aquestes cambres, que es formen en llocs específics on les característiques morfològiques dels sostres (e.g. petits caus i voltes) permeten l'acumulació de bombolles d'aire. No obstant això, la comparació que es va realitzar al seguiment de l'any 2016 amb fotografies d'arxiu del 1978, en les que la superfície afectada per bombolles era pràcticament insignificant, va demostrar que l'estat actual del sostre de les coves dista molt de ser pristi. Per la poca variabilitat observada en els últims tres anys de seguiment, considerem que la recuperació de les zones amb organismes morts per bombolles és molt poc probable a curt i mitjà termini, mantenint un nombre d'immersions proper a l'actual.

Un altre indicatiu de l'impacte per freqüentació de submarinistes en les coves submarines és l'estat de les comunitats del fons. Al seguiment de l'any 2016, en el que es van comparar fotografies preses aquell any al túnel del Dofí amb fotografies d'arxiu de l'any 1978, es va indicar que hi ha hagut un canvi significatiu en la composició i abundància de la fauna bentònica, causat, sens dubte, per l'erosió produïda pel contacte directe dels submarinistes amb el fons. Degut a que es tracta d'ambients tancats i més estrets, que limiten la mobilitat dels submarinistes, aquest tipus d'erosió pot ser més important dins de les coves que en altres zones obertes. Atès que la dinàmica d'aquestes comunitats és molt lenta, no és d'estranyar que l'estat dels fons no hagi canviat en

aquests tres anys i, igual que passa amb l'estat dels sostres, la recuperació d'aquestes comunitats és molt improbable mantenint l'actual nombre d'immersions.

D'altra banda, tenir un bon registre fotogràfic permet establir referències de base per a poder determinar els canvis produïts en les comunitats, tal i com es va demostrar al seguiment de l'any 2016 amb la comparació de fotografies actuals amb fotografies de l'any 1978. Un dels beneficis de tenir un programa de seguiment continu i a llarg termini en aquesta àrea protegida és la possibilitat de generar un ampli registre fotogràfic, que podrà ser utilitzat en el futur per establir la resposta de les comunitats als impactes o la seva recuperació en el cas que es prenguin mesures de gestió per a minimitzar-los.

Finalment, l'esdeveniment de mortalitat de corall vermell observat a la cova dels Misidacis ens demostra que aquest indrets són també susceptibles als impactes del canvi climàtic, fet que posa de manifest la seva vulnerabilitat i la necessitat de prendre mesures de gestió per a minimitzar qualsevol impacte addicional que pugui posar en risc la seva conservació.

Conclusions

Com a conclusions doncs, en aquest estudi hem corroborat un impacte significatiu per part dels submarinistes, tant en els sostres com en els fons de les coves. Es recomana, per tant, prendre mesures de gestió oportunes per a minimitzar els impactes de la freqüentació sobre aquestes comunitats. Finalment, i en base als indicis trobats durant les campanyes, creiem que és interessant mantenir aquest descriptor en el programa de seguiment de la reserva, però recomanem fer més èmfasi en el seguiment del fons de les coves, ja que probablement estan subjectes a una pressió major que els sostres.

Bibliografia

- Bussotti, S., Terlizzi, A., Frascchetti, S., Belmonte, G., Boero, F. (2006). Spatial and temporal variability of sessile benthos in shallow Mediterranean marine caves. *Marine Ecology Progress Series*, 325(1966), 109–119.
- Di Franco, A., Ferruzza G., Baiata, P., Chemello, R., Milazzo, M. (2010). Can recreational scuba divers alter natural gross sedimentation rate? A case study from a Mediterranean deep cave. *ICES Journal of Marine Science*, 67(5), 871–874.
- Di Franco, A., Milazzo, M., Baiata, P., Tomasello, A. (2009). Scuba diver behaviour and its effects on the biota of a Mediterranean marine protected area. *Environmental Conservation*, 36(1), 32.
- Garrabou, J., Harmelin, J.G. (2002). A 20-year study on life-history traits of a harvested long-lived temperate coral in the NW Mediterranean: insights into conservation and management needs. *Journal of Animal Ecology*, 71(6), 966–978.

- Gerovasileiou V., Voultsiadou, E. (2012) Marine Caves of the Mediterranean Sea: A Sponge Biodiversity Reservoir within a Biodiversity Hotspot. *PLoS ONE* 7(7): e39873.
- Guarnieri, G., Terlizzi, A., Bevilacqua, S., Fraschetti, S. (2012). Increasing heterogeneity of sensitive assemblages as a consequence of human impact in submarine caves. *Marine Biology*, 159(5), 1155–1164.
- Hawkins, J.P., Roberts, C.M., Van'T Hof, T., De Meyer, K., Tratalos, J., Aldam, C. (1999). Effects of Recreational Scuba Diving on Caribbean Coral and Fish Communities. *Conservation Biology*, 13(4), 888–897.
- Lloret, J., Marín, A., Marín-Guirao, L., Carreño, M.F. (2006). An alternative approach for managing scuba diving in small marine protected areas. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 16(6), 579–591.
- Milazzo, M., Chemello, R. i Badalamenti, F., Camarda, R., Riggio, S. (2002). The impact of human recreational activities in marine protected areas: what lessons should be learnt in the Mediterranean sea? *Marine Ecology*, 23, 280–290.

Diagnosi sobre l'efecte del submarinisme en les comunitats bentòniques de la Reserva Marina de les Illes Medes

La normativa específica dels usos i activitats de l'àrea protegida de les illes Medes, estan regulats pel Pla Rector d'Usos i Gestió recollit aprovat el 2008 (en el Decret 222/2008, d'11 de novembre, pel qual s'aprova el Pla rector d'ús i gestió de l'Àrea Protegida de les Illes Medes), i que recentment ha estat modificat en els seus annexes 1 i 6 (Reial Decret 1005_2017 que modifica el PRUG aprovat pel Decret 22_2008). En aquesta nova normativa es regula el nombre de submarinistes que poden accedir a les diferents zones de busseig (Taula 1) segons el grau de fragilitat de les comunitats en les que s'hi desenvolupa aquesta activitat. Aquesta normativa preveu que aquest nombre pugui anar canviant al llarg del temps en funció de la informació que es vagi obtenint sobre l'estat de conservació de les comunitats i l'impacte del submarinisme sobre els fons.

La finalitat del programa de seguiment de la biodiversitat marina del Parc Natural del cap de Creus i el Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter es realitzar el seguiment de l'estat de conservació de la biodiversitat marina en aquests espais, així com relacionar-lo amb la possible afectació de les activitats antròpiques i dels factors ambientals a partir del seguiment i monitorització de determinades espècies i comunitats indicadores. D'aquesta manera es proporcionaran dades objectives que permetran la presa de decisions als gestors d'aquests espais naturals protegits.

Tal com s'especifica en el Reial Decret 1005_2017, "Correspon a la direcció general competent en matèria de gestió d'espais naturals protegits realitzar el seguiment científic dels paràmetres biològics dels indicadors de l'estat de conservació de les comunitats, hàbitats i espècies marines, per avaluar l'estat de conservació de l'ecosistema marí on es practiquen les activitats de busseig, per tal de poder determinar, en tot moment i de forma precisa, l'impacte d'aquesta activitat. Anualment a la vista dels resultats del seguiment científic indicat s'han de revisar les condicions en que es realitzen les activitats antròpiques a l'espai i les seves zones d'actuació. Especialment, cal revisar el nombre màxim d'immersions establertes a l'annex 1 del Document normatiu del Pla,

concretament, el seu increment només és possible si en la zona afectada es constata una millora de l'estat de conservació, d'acord amb una sèrie mínima de tots els indicadors de quatre anys seguits, i aquest increment ha de ser gradual. Pel contrari, en cas de constatar un empitjorament de l'estat de conservació, d'acord amb algun dels indicadors, s'ha de disminuir el nombre màxim d'immersions en la zona afectada en la revisió anual següent."

Aquesta modificació del règim d'immersions té com objectiu ajustar millor els requeriments de conservació i la capacitat d'acollida. Es tracta doncs d'establir uns nombres màxims anuals d'immersió per a cada zona o sector d'immersió de les illes. Paral·lelament, s'ha habilitat un seguiment acurat dels indicadors biològics de les comunitats més fràgils i vulnerables com el coral·ligen i les coves (i, per extensió de totes les espècies que s'hi poden trobar) que ens indiqui en quins casos l'evolució d'aquest és negativa (fet que comportaria reduir de forma immediata el nombre d'immersions anuals en les zones on s'hagi detectat) i en quins casos és positiva (fet que comportaria incrementar a mig termini el nombre d'immersions anuals en les zones on s'hagi detectat).

Aquesta memòria de seguiment de l'any 2018 recull els resultats del grup de treball de la secció d'Ecologia del Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals de la Universitat de Barcelona relatiu al seguiment del medi marí al Parc Natural del Cap de Creus i al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter de l'any 2018, tal i com consta al plec de prescripcions amb expedient PTOPI_2017_130 en compliment de la Llei 19/1990 de 10 de desembre del Parlament de Catalunya, i amb les millores proposades a l'oferta tècnica homònima. Els resultats dels treballs de camp tenen com a objectiu central l'avaluació de l'estat de les poblacions i dels hàbitats marins en relació tant amb les activitats humanes que es duen a terme als espais naturals estudiats com amb els factors ambientals. Així mateix s'analitza l'evolució en el temps dels descriptors i s'intenta avaluar l'efecte de la protecció. El darrer objectiu és detectar altres situacions de risc pel patrimoni natural com podrien ser l'arribada d'espècies alienes o invasores, o bé els possibles efectes del canvi climàtic.

En aquesta memòria es presenten els descriptors destinats a avaluar l'efecte del submarinisme a l'àrea protegida de les illes Medes: briozous, gorgònies i coves, a les diferents zones estudiades segons cada descriptor (Taula 1).

Els resultats de l'informe indiquen que en algunes estacions els descriptors estudiats mostren diferents graus d'impacte. No obstant, per a la determinació de l'efecte del submarinisme en cada una de les estacions, i tenint en compte els diferents descriptors, s'han de considerar una sèrie de factors.

- Per una banda, no tots els descriptors o les comunitats estudiades estan a totes les zones o són prou abundants per utilitzar-los com un descriptor adequat (veure Taula 1).
- Tot i que es va procurar establir els transectes en zones de la mateixa fondària i morfologia, en algunes estacions no va ser possible, de manera que aquestes comunitats o bé no estan ben desenvolupades, degut a que no hi ha les hàbitats apropiats, o bé les zones trobades amb les comunitats òptimes estan allunyades de les zones de busseig.

- Tot i que s'ha demostrat la utilitat de tots els indicadors, s'ha de tenir en compte que les estacions estudiades ja han estat impactades per una elevada pressió de busseig des de fa molt temps i, per tant, els canvis entre anys no són perceptibles en moltes d'elles. Únicament serien esperables canvis positius si es redueix la pressió de freqüentació.
- En aquest sentit, la zona del Medallot i les estacions no freqüentades i de referència ens serveixen com a control de l'estat de les poblacions, i també de la capacitat de recuperació de comunitats no impactades.
- Pel que fa als briozous, el seguiment s'ha centrat en les estacions amb major densitat. Mentre que si que es poden extreure algunes conclusions del seguiment de *Pentapora fascialis*, la baixa abundància de *Myriapora truncata* a totes les estacions fa que sigui una espècie que recomanem descartar del seguiment.
- Pel que fa a les gorgònies, la lenta dinàmica poblacional d'aquesta espècie únicament permet considerar canvis significatius en les taxes de mortalitat i reclutament a partir de 4 ó 5 anys i, per tant, el període estudiat no ens permet detectar canvis en les densitats i estructures de talles a curt termini. El que sí es possible any rere any es veure el seu estat de conservació i estimar les taxes de mortalitat parcial relacionades actualment als efectes de l'anomalia tèrmica positiva dels darrers anys. Aquests greus efectes del canvi climàtic emmascaren encara més la potencial mortalitat per erosió causada pels bussejadors.
- Pel que fa a les comunitats de coves, en aquest estudi s'ha mesurat la cobertura de les cambres d'aire com a indicador de l'efecte dels submarinistes. Això no vol dir que aquest sigui l'únic impacte sobre aquestes comunitats, ja que l'aire, encara que no s'acumuli, sí que pot pertorbar de forma no letal als organismes. Tampoc s'ha analitzat en detall l'efecte de l'erosió sobre els organismes dels fons i les parets, que probablement són molt superiors que en altres zones, ja que el confinament de les coves obliga a tots els submarinistes a fer el mateix recorregut. Conseqüentment, el poc espai disponible redueix la seva capacitat de moviment, i el nombre de submarinistes que les freqüenten simultàniament fa que un hi hagi major nombre d'impactes involuntaris sobre el fons. És per aquest motiu que pensem que determinar l'erosió del fons és també un molt bon descriptor de l'efecte dels submarinistes, i que s'hauria d'incorporar en el seguiment, prioritzant-lo davant de l'acumulació d'aire al sostre. Pensem que els nivells d'impacte detectables continuaran estables al llarg del temps mentre no es redueixi o es prohibeixi totalment el busseig en algunes de les coves estudiades.
- Les comunitats de coves, degut a la seva dinàmica lenta, derivada de l'ambient poc il·luminat i confinat, necessiten molt de temps per recuperar-se, probablement dècades.

Taula 1. Estacions de mostreig i descriptors utilitzats per a la diagnosi sobre l'efecte de la freqüentació en les comunitats bentòniques, amb les boies d'amarrament per a les embarcacions de busseig i el nombre d'immersions designat a cadascuna pel Reial Decret 1005_2017 que modifica el PRUG aprovat pel Decret 22_2008.

Protecció	Lloc	Boia	Nombre d'immersions permeses	Immersions 2017	Immersions 2018	Briozous	Gorgònies	Coves
ZC	Medallot		0			X	X	
RNP	Guix	C1	2.804	2.804	3.804		X	
	Salpatxot	C2, P1*	6.136	3.709	4.403			
	L'embarcador del Francès	I2**	4.000	-	2.954	X		
	Pedra de Déu	C3 i P2	5.687	5.121	4.820	X	X	
	Pota del Llop	C4 i P3	2.939	2.265	2.150	X	X	
	Vaca	C5A*, C5B*, P4* i P5*	8.451	7.994	7.283		X	X
	Cova del Mal Pas	C5B, P5						
	Cova de la Reina	C6	2.390	1.621	1.968			
	Dofi	C7A*, C7B*, P6A*, P6B*	8.533	7.195	6.667			X
	Túnel del Dofi							X
	Cova dels Misidacis	C7B*, P6B*						X
	Sant Istiu	I6**	4.000	-	2.191			
	Tascó Gros	C8 i P7	4.439	2.953	3.244	X	X	
	Carall Bernat	C9 i P8	6.591	5.852	5.386		X	
	Tascó Petit	C10	5.850	5.709	5.319		X	
	Ferranelles	C11A, C11B i P9	11.000	10.018	9.548			
ZPP	Freu		ND			X		
PN	Cap Castell		ND			X	X	
	Paieta		ND			X		
	Punta Salines		ND			X	X	
	Puig de la sardina		ND				X	

* No utilitzables de manera simultània, ** D'acord amb les especificacions de l'apartat 2.3 de l'Ordre AAM/112/2015, ND No determinat per l'Ordre AAM/112/2015

Així doncs, per determinar l'efecte dels submarinistes en cada una de les zones de busseig, s'han de considerar diferents indicadors, a ser possible, més d'un en algunes zones i en d'altres el que estigui dins del recorregut dels bussejadors. En el cas de les estacions on sigui possible seguir més d'un indicador, s'haurien de considerar els que han patit un impacte, tot i que els altres no en mostrin.

A més, el comportament dels submarinistes no és homogeni al voltant del punt d'immersió on es troba la boia, ja que aquests tendeixen a anar a punts concrets per a ser visitats, com les parets de gorgònies o les coves. En aquestes comunitats és on s'ha de focalitzar el control de l'impacte dels submarinistes, donat que són les zones més freqüentades, i alhora les més fràgils.

D'aquesta manera, es fa una diagnosi estació per estació, tenint en compte aquestes consideracions:

El Guix

Aquesta estació l'any 2018 ha estat visitada amb un total de 3.804 immersions, totes provinents de centres d'immersió, 1.000 més que l'any 2017. Amb el Reial Decret 1005_2017 que modifica el PRUG aprovat pel Decret 22_2008, es preveu que aquesta zona sigui visitada per 6.136 submarinistes.

En aquesta estació s'han monitoritzat les poblacions de gorgònies com a indicadores de l'impacte del submarinisme.

Gorgònies

Les diferències entre els controls de 2017 i 2018 pel que fa a la densitat no han estat significatives. No obstant, sí que s'ha detectat una forta mortalitat degut al canvi climàtic, ja que la població del Guix ha presentat un nombre molt elevat de colònies amb signes de mortalitat (68%), més elevat inclús que l'enregistrat l'any anterior (65%). A més, presenta una mitjana propera al 20% de superfície epibiotada per colònia, i una mitjana de superfície necrosada d'un 20%.

Diagnosi

Aquesta estació ha estat molt afectada pels efectes del canvi climàtic, que s'han acumulat en els darrers anys juntament amb l'efecte de la freqüentació.

No obstant, la boia que hi havia al costat d'aquesta estació es va desplaçar a una zona més a l'oest, de forma que actualment queda a una distància considerable, i dubtem que la majoria de submarinistes freqüentin aquesta estació. Es per això que es recomana no seguir les poblacions de gorgònies d'aquesta estació com a descriptor de l'efecte de la freqüentació i s'instal·li una nova estació més a prop de la situació actual de les boies de submarinistes.

Salpatxot

Aquesta estació ha estat visitada per 4.403 submarinistes provinents de centres i 72 de particulars, més que l'any 2017 (amb 3.709 submarinistes provinents de centres i 71 de particulars). Amb el Reial Decret 1005_2017 que modifica el PRUG aprovat pel Decret 22_2008, es preveu que aquesta zona sigui visitada per 6.136 submarinistes.

En aquesta estació només s'han monitoritzat les poblacions de briozous com a indicadores de l'impacte del submarinisme.

Briozous

La densitat tant de *P. fascialis* com de *M. truncata* es mantenen molt baixes, sense diferències significatives respecte l'any anterior, tot i que pateixen una lleugera disminució des de l'any 2016.

Lluny de mostrar cap signe de recuperació, les poblacions de briozous es mantenen en valors molt baixos a l'estació del Salpatxot.

Diagnosi

El nombre de submarinistes el 2018 ha augmentat respecte el 2017 en aquesta estació, que mostra un fort impacte degut a la freqüentació d'aquests pel que fa a l'indicador de briozous, ja que presenten densitats molt baixes i sense signes de recuperació. Caldrà veure si, continuant amb els elevats valors de nivell de busseig, realment es detecta una recuperació en aquesta estació o si 3.000 bussejadors per any ja és un llindar que impedeix veure aquesta millora.

Degut al baix nombre de colònies i que amb la sèrie temporal que tenim fins al moment no observem cap tendència, es recomana, al menys, **mantenir la freqüentació de submarinistes** en aquesta zona.

Pedra de Déu

Aquesta és una de les estacions que presenta valors més elevats de bussejadors, sent 4.820 l'any 2018, 4.655 provinents de centres i 162 particulars, menys que l'any 2017. Amb el Reial Decret 1005_2017 que modifica el PRUG aprovat pel Decret 22_2008, es preveu que aquesta zona sigui visitada per 5.687 submarinistes.

En aquesta estació s'han monitoritzat les poblacions de briozous i gorgònies com a indicadores de l'impacte del submarinisme.

Briozous

La densitat de les poblacions de *P. fascialis* en aquesta estació ha augmentat lleugerament respecte el 2017, tot i que no significativament. Les poblacions de *M. truncata* mostren els valors més elevats de densitat per aquesta espècie, tot i que disminueixen lleugerament sense arribar a ser significatiu (2 colònies/m² enguany).

Gorgònies

La densitat de gorgònia vermella d'aquesta estació no ha variat respecte l'any anterior. En aquesta estació s'ha detectat una forta mortalitat degut a l'escalfament de l'aigua; ha passat de tenir el 36% de colònies afectades el 2017 al 59% aquest any. La mitjana de superfície morta també ha augmentat significativament, obtenint el 18% d'aquesta amb epibiosi i el 10 amb necrosi.

Diagnosi

La forta afectació de la mortalitat de gorgònies fa que aquesta estació tingui una nova situació més sensible, ja que l'impacte per la freqüentació pot ser més sever en les poblacions ja malmeses per la mortalitat per canvi climàtic.

És per això que es recomana **reduir la freqüentació de submarinistes** en aquesta zona, per sota dels valors registrats el 2018.

Pota del Llop

L'estació de Pota del Llop ha estat visitada per 2.150 submarinistes l'any 2018, 2.105 procedents de centres d'immersió i 45 particulars, 115 menys que l'any 2017 (amb 2.237 visites de centres i 28 de particulars). Amb el Reial Decret 1005_2017 que modifica el PRUG aprovat pel Decret 22_2008, es preveu que aquesta zona sigui visitada per 2.939 submarinistes.

En aquesta estació s'han monitoritzat les poblacions de briozous i gorgònies com a indicadors de l'impacte del submarinisme.

Briozous

Les densitats observades el 2018 en aquesta estació són pràcticament nul·les, amb només 3 colònies en tot el transsecte (l'any 2017 només se'n va trobar una); aquests són valors molt inferiors que els enregistrats el juliol de l'any 2016, quan hi va haver una disminució en les densitats que s'ha mantingut fins a l'actualitat.

En aquesta estació no s'han observat colònies de *M. truncata* en cap dels censos efectuats en el marc del seguiment.

Gorgònies

La densitat de colònies de *P. clavata* a la població de Pota del Llop d'enguany va ser d'unes 26 colònies/m², igual que el 2017, no presentant així diferències significatives. L'estructura de talles tampoc mostra cap variació respecte l'any anterior.

No obstant, en aquesta població ha patit un petit augment del nombre de colònies afectades, passant d'un 23% al 2017 a un 28% aquest any. És una de les estacions amb una superfície mitja afectada més baixa, amb un 5% amb epibiosi i un 10% amb necrosi.

Diagnosi

Aquesta estació mostra un cert impacte degut a la freqüentació de submarinistes pel que fa a l'indicador de briozous, ja que mostra densitats molt baixes després d'una disminució continuada i sense cap signe de recuperació.

Tot i que l'afectació de la mortalitat de gorgònies no es tan important com en altres estacions, aquesta estació es troba en una nova situació més sensible, ja que l'afectació per la freqüentació pot ser més severa en les poblacions ja afectades per la mortalitat per canvi climàtic.

Es per això que es recomana **reduir la freqüentació de submarinistes** en aquesta zona per sota dels valors registrats el 2018.

Cova de la Vaca i Cova del Mal Pas

L'any 2018 l'estació de la Vaca ha estat visitada per 7.283 submarinistes, 6.984 procedents de centres d'immersió i 299 particulars, 711 menys que l'any 2017. Amb el Reial Decret 1005_2017 que modifica el PRUG aprovat pel Decret 22_2008, es preveu que aquesta zona sigui visitada per 8.451 submarinistes. En aquesta estació s'han monitoritzat les gorgònies i les comunitats de coves com a indicadors de l'impacte del submarinisme.

Gorgònies

L'anàlisi d'aquesta població mostra una estructura de talles unimodal amb dominància d'individus de talles mitjanes, sense individus de talles grans. Aquesta és l'estació que menys mortalitat presenta, obtenint un 46% de colònies totalment sanes. A més, el percentatge de superfície epibiotada s'ha mantingut pràcticament igual que el 2017 (4%); el de superfície necrosada ha augmentat de l'1% al 9%. Això fa que sigui la població on les colònies presenten menys superfície afectada i, per tant, es troba en bon estat de conservació.

Coves

La cova del Mal Pas mostra un cert percentatge de la superfície del sostre afectada per l'acumulació de bombolles d'aire provinents dels submarinistes, 4,49%, amb un 1,22% de zones totalment mortes.

La cova de la Vaca presenta un 1,67% de la superfície amb acumulació d'aire, un 0,72% del qual presenta organismes morts.

La inspecció visual del fons de la cova, ha mostrat un any més que la superfície de les roques mostraven clars signes d'erosió, amb restes d'organismes (esponges, gorgònies i altres espècies d'antozous) arrencats del sostre o parets de la cova.

Diagnosi

Tot i que es una de les estacions amb menor afectació pel canvi climàtic, aquest any ha sofert un impacte important respecte a l'any passat degut a les elevades temperatures. Per tant, es recomana reduir els impactes que siguin gestionables, com el busseig, per tractar de garantir aquest bon estat de salut.

El descriptor de les comunitats de coves mostra una vegada més un efecte de l'impacte dels submarinistes en aquestes comunitats, ja sigui per l'acumulació d'aire sobre al sostre, com per l'erosió del fons de la cova.

És per això que es recomana **reduir la freqüentació de submarinistes** en aquesta zona, per sota dels valors registrats el 2018.

Cova del Dofí, Túnel del Dofí i Cova dels Misidacis

Tot i que en aquesta localitat hi ha dues boies, C7a i C7b, i en les que s'han estudiat diferents paràmetres, es podria considerar una mateixa estació, ja que la majoria de submarinistes fan el mateix recorregut travessant la cova del Dofí i el túnel del Dofí, i ocasionalment visitant la cova dels Misidacis. Aquesta estació ha estat visitada l'any 2018 per 6.667 submarinistes, 3.861 provinents de la boia Dofí Nord (3.785 provinent de centres d'immersió i 76 particulars) i 2.806 provinents de la boia Dofí Sud (2.680 provinent de centres d'immersió i 126 particulars). Amb el Reial Decret 1005_2017 que modifica el PRUG aprovat pel Decret 22_2008, es preveu que aquesta zona sigui visitada per 8.533 submarinistes.

Coves

El túnel del Dofí mostra un 6,29% de superfície afectada per aire (un 3,22% de la qual és mort) i la cova del Dofí presenta un 1,26% (un 0,46% de la qual és mort). Per altra banda, la cova dels Misidacis és la que menor percentatge de superfície afectada mostra, amb un 0,16% d'aire. El túnel del Dofí és la que presenta un major grau d'afectació, probablement perquè està més confinada. Tal com es va mostrar l'informe de 2016, la comparació amb les fotografies preses el 1978, en les que només hi havia un 0,7% d'aire acumulat i una composició faunística diferent, mostra que aquest efecte és una causa directa dels submarinistes.

Però no només s'ha detectat un impacte en els sostres, sinó que també s'ha pogut constatar un fort impacte sobre el fons de la cova del Dofí. La comparació de les fotografies del fons del túnel del Dofí entre l'any 1978 i el 2016, mostra que, mentre el 1978 els blocs de roca presentaven una elevada cobertura d'esponges i tunicats, el 2016 es trobaven totalment denudats, sense organismes formadors d'estructures tridimensionals sobre el fons. Creiem que aquest impacte és comú a la resta de coves de les illes Medes, ja que en totes s'observa la mateixa tipologia de les comunitats dels fons.

A més, també es van poder observar organismes sèssils de les parets i sostre arrencats i caiguts a terra, com a conseqüència de l'impacte dels submarinistes.

Diagnosi

El descriptor de les comunitats de coves, mostra un efecte molt clar de l'impacte dels submarinistes en aquestes comunitats, amb una forta afectació sobre les comunitats de sostres, i també del fons.

Amés, en algunes d'aquestes coves (Misidacis i Mal Pas), s'ha pogut observar mortalitat de corall vermell degut a l'efecte dels canvi climàtic, fet que indica que els organismes ja estan en una situació d'estrès fisiològic, que pot tenir efectes sinèrgics amb l'estrès causat per l'efecte de les bombolles i l'erosió.

És per això que lluny d'augmentar el nombre d'immersions es recomana **reduir la seva freqüentació** en aquesta zona per sota dels valors registrats el 2018.

Tascó Gros

L'any 2018 l'estació de Tascó Gros ha estat visitada per 3.244 submarinistes (3.124 de centres d'immersió i 120 de particulars) 291 més que el 2017. Amb el Reial Decret 1005_2017 que modifica el PRUG aprovat pel Decret 22_2008, es preveu que aquesta zona sigui visitada per 4.439 submarinistes.

En aquesta estació s'han monitoritzat les poblacions de briozous i gorgònies com a indicadors de l'impacte del submarinisme.

Briozous

No s'han trobat diferències significatives en les densitats de *P. fascialis* entre els octubres del 2017 i 2018. Sí que s'han vist, però, davallades significatives entre els juliols i els octubres d'ambdós anys. Pel que fa a *M. truncata*, enguany només s'han trobat dues colònies en tot el transsecte (el 2017 només en va ser una).

Gorgònies

La densitat de gorgònia vermella d'aquesta estació no ha variat respecte l'any passat (22 individus/m²). Enguany, ha sigut l'estació amb un augment de la mortalitat més elevat; el percentatge de colònies afectades ha passat del 32% del 2017 al 85% aquest any. A més a més, la superfície afectada per necrosi ha patit un augment molt fort, passant d'un 3% l'any anterior a un 46% aquest 2018; la superfície afectada per epibiosi pràcticament s'ha mantingut amb un 12%.

Diagnosi

L'elevat grau de mortalitat de les gorgònies fa que aquesta estació tingui una nova situació més sensible, ja que l'afectació per la freqüentació pot ser més severa en les poblacions ja afectades per la mortalitat deguda al canvi climàtic. Donat l'elevada afectació molt per sobre que la resta d'estacions, es recomana **reduir la freqüentació de submarinistes** en aquesta zona per sota dels valors registrats el 2018.

Tascó Petit

Aquesta estació ha sigut visitada per 5.319 submarinistes aquest any 2019, menys que l'any passat que en va tenir 5.709, tots provinents de centres d'immersió. Amb el Reial Decret 1005_2017 que modifica el PRUG aprovat pel Decret 22_2008, es preveu que aquesta zona sigui visitada per 5.850 submarinistes.

Gorgònies

La densitat de gorgònies vermelles d'aquesta estació s'ha mantingut respecte l'any anterior, i manté també una estructura de talles similar, amb certa presència de colònies grans.

A la població de Tascó Petit el percentatge de colònies amb signes de mortalitat ha augmentat d'un 37% del 2017 a un 53% d'enguany, percentatge significativament superior. La mitjana del percentatge de superfície afectat no ha augmentat significativament respecte l'any anterior, presentant un 20% de superfície epibiotada respecte el 16% de l'any passat, i un 6% de superfície necrosada (respecte el 5% del 2017).

Aquesta estació mereix una especial atenció, ja que, a diferència de la resta d'estacions, l'estructura de talles d'aquesta població mostra un percentatge força elevat de classes de talla gran. Això és degut a que aquesta estació no havia estat molt visitada anteriorment, ja que la posició de l'actual boia es va establir el 2015. Tenint en compte la dinàmica lenta d'aquesta espècie, i el temps necessari per a detectar perturbacions en aquestes poblacions, aquesta serà una estació de referència a seguir en el futur, ja que no ha estat impactada i s'ha començat a visitar recentment.

Diagnosi

Tot i ser menor que en altres estacions, la forta afectació de la mortalitat de gorgònies fa que aquesta estació tingui una nova situació més sensible, ja que l'impacte de la freqüentació pot ser més severa en les poblacions ja malmeses per la mortalitat per canvi climàtic.

És per això que es recomana **reduir la freqüentació de submarinistes** en aquesta zona per sota dels valors registrats el 2018.

Carall Bernat

L'estació de Carall Bernat ha estat visitada per 5.386 submarinistes aquest any 2018, menys que el 2017 (5.852 submarinistes). Amb el Reial Decret 1005_2017 que modifica el PRUG aprovat pel Decret 22_2008, es preveu que aquesta zona sigui visitada per 6.591 submarinistes.

Gorgònies

La densitat de gorgònia vermella d'aquesta estació no ha variat entre 2016 i 2017, amb una estructura de talles unimodal amb dominància d'individus de talles mitjanes (entre 10 i 30 cm), i amb un nombre relativament elevat de colònies de talles petites.

En aquesta població enguany un 61% de les colònies presentaven signes de mortalitat, valor significativament superior al de l'any passat (43%), amb una superfície epibiotada mitjana propera al 18% (no presenta diferències significatives amb el valor de l'any passat, que era d'un 13%) i un 8% de superfície necrosada respecte un 5% de l'any passat.

Diagnosi

Tot i ser menor que en altres estacions, la mortalitat de les gorgònies fa que aquesta estació tingui una nova situació més sensible, ja que l'afectació per la freqüentació pot ser més severa en les poblacions ja afectades per la mortalitat per canvi climàtic. És per això que es recomana **reduir la freqüentació de submarinistes** en aquesta zona per sota dels valors registrats el 2018.

Medallot

Aquesta estació, amb la nova proposta de gestió ha estat declarada zona de control, fet que ha permès establir per a primera vegada una zona de control que servirà com a referència de zona no impactada per els submarinistes.

Briozous

A l'octubre del 2018 les poblacions de *P. fascialis* en aquesta estació han mostrat un lleuger augment de la seva densitat respecte l'octubre del 2017, tot i que aquest no ha estat significatiu. Al juliol del 2018, però, es va poder observar un fort augment del nombre de colònies degut a un episodi de reclutament. En el control de l'Octubre de 2018, vàrem detectar una baixada del nombre de colònies respecte el juliol degut a una mortalitat natural, però tot i així, les densitats varen ser majors que a l'Octubre del 2017, indicant una certa recuperació d'aquestes poblacions. Veurem si aquesta tendència a recuperar-se es manté en els propers anys.

Gorgònies

La densitat de gorgònia vermella d'aquesta estació ha augmentat significativament respecte l'any 2017, presentant valors de 26 individus/m² respecte els menys de 20 de l'any anterior. L'estructura de talles està dominada per una major representació de les classes mitjanes, entre 10 i 30 cm d'alçada, i amb individus de talla gran.

La mortalitat d'aquests organismes s'ha mantingut pràcticament igual que l'any passat, amb un 60% de colònies afectades. La superfície mitja afectada per necrosi es manté amb un 20 % de superfície epibiotada, mentre que l'afectada per necrosi augmenta significativament, passant de tenir un 5% el 2017 a un 10% aquest 2018.

Diagnosi

S'ha de tenir en compte que aquesta zona de control va començar el 2015 després de molts anys d'haver estat freqüentada. Això implica que no s'ha de tenir com a referència de zona no impactada, ja que ho va estar fins fa dos anys, de manera que els paràmetres actuals analitzats són molt similars al de les altres estacions, fet que indica que està igual de pertorbada que la resta, i no a la inversa.

Aquesta estació ens servirà sens dubte per a observar quina és la capacitat de recuperació de les poblacions després d'haver estat impactades, com sembla que està passant amb la població de briozous, tot i que hem de confirmar aquesta tendència de forma que en els propers anys ens pot proporcionar indicadors sobre la recuperació de les poblacions no només de briozous i gorgònies, sinó d'altres comunitats i espècies, a resta d'estacions que sí estan visitades.

Per tant, recomanem **mantenir aquesta estació tancada a les visites**.

Diagnosi global

Aquest seguiment específic de les zones d'immersió es va dissenyar per tenir una idea precisa del possibles impacte dels submarinistes sobre les comunitats bentòniques de les illes Medes. Amb aquesta finalitat, es varen seleccionar els descriptors que per a cada estació ens podien donar el màxim d'informació i el més fiable possible. No obstant, en alguns casos i estacions, hem hagut de modificar o prioritzar algun d'aquests descriptors sobre altres, ja que factors intrínsecs a l'ecologia de les espècies estudiades, com la baixa densitat, la variabilitat espacial i temporal i la seva dinàmica, emmascaren o no permeten discernir l'efecte dels submarinistes. A més, l'efecte del canvi climàtic que en els darrers tres anys ha afectat d'una manera clara i dràstica les comunitats bentòniques de les illes Medes i la costa del Montgrí, ens ha emmascarat encara més aquest efecte.

Tot i així, en la majoria d'estacions hem pogut fer una diagnosi i una recomanació en la mesura del possible. En altres casos, la limitació en els descriptors no ens ha permès discernir entre els efectes de la freqüentació i els ambientals. No obstant, el fet que no podem diferenciar els efectes de la freqüentació amb altres com el canvi climàtic, no vol dir que no existeixin. Així, i des d'una perspectiva més ampla, més enllà de la diagnosi puntual a cada localitat de mostreig, creiem els nombres anuals de submarinistes en un espai tan reduït és excessiu, i s'haurien de reduir en general.

A més, tenim la sospita que el nou sistema de regulació del nombre de submarinistes per cada punt de busseig no s'acaba de respectar. El fet que es permeti la simultaneïtat de varies embarcacions a la mateixa boia, els centres canviïn de boia al mateix moment de fer la immersió, i les limitacions en la vigilància d'aquestes activitats, pot haver generat una dinàmica de poc respecte i un escàs control de les activitats de busseig.

Amb tot això, i en termes generals, creiem els sistemes bentònics de les Medes estan en un moment crític, en el que s'acumulen diversos efectes, com el del canvi climàtic i la sobrefreqüentació que poden actuar sinèrgicament, i s'hauria d'aplicar un criteri de prudència reduint les activitats que poden causar un impacte directe sobre les comunitats bentòniques en tot el parc.

Taula 2. Taula resum amb el nombre de submarinistes enregistrats el 2018, els resultats obtinguts per a cada descriptor estudiat, diagnosi del seguiment de cada indicador estudiat a cada estació, la recomanació per a la gestió del busseig l'any 2018, i els descriptors recomanats per avaluar l'estat de cada estació.

Estació	Immersions 2018	Briozous	Gorgònies	Coves	Recomanacions	Descriptors recomanats
El Guix	3.804		Augment Necrosi i Epibiosi	-	Canviar el lloc de mostreig	Gorgònies
El Salpatxot	4.403	No recuperació	-	-	Mantenir el nombre d'immersions	Gorgònies
Pedra de Déu	4.820	No recuperació	Augment Necrosi i Epibiosi	-	Reduir el nombre d'immersions	Gorgònies i Briozous
Pota del Llop	2.150	No recuperació	Augment Necrosi i Epibiosi	-	Reduir el nombre d'immersions	Gorgònies i Briozous
Cova de la Vaca	7.283		Augment Necrosi	Regressió	Reduir el nombre d'immersions	Gorgònies i Coves
Cova Reina	1.968		-	-	Mantenir el nombre d'immersions	Corall
Dofi i Misidacis	6.667		-	Regressió	Reduir el nombre d'immersions	Coves i Corall
Tascó Gros	3.244	No recuperació	Augment molt elevat necrosi	-	Reduir el nombre d'immersions	Gorgònies i Briozous
Tascó Petit	5.319		Augment Necrosi/Epibiosi	-	Reduir el nombre d'immersions	Gorgònies
Carall Bernat	5.386		Augment Necrosi/Epibiosi	-	Reduir el nombre d'immersions	Gorgònies
Ferranelles	9.548	-	-	-	Mantenir el nombre d'immersions	Buscar nous descriptors
Medallot	0	No recuperació	Augment Necrosi/Epibiosi	-	Mantenir tancat a les visites	Gorgònies i Briozous